

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN
DEPARTEMENT LIFE SCIENCES UND FACILITY MANAGEMENT
INSTITUT FÜR UMWELT UND NATÜRLICHE RESSOURCEN

Kulturversuche mit Torfersatzprodukten in der Bio-Pflanzenproduktion

Bachelorarbeit



von

Ortner Tim

Bachelorstudiengang 2015

Abgabedatum: 8. August 2019

Studienrichtung: Umweltingenieurwesen

Fachkorrektoren:

Kunz, Guido

ZHAW Life Sciences und Facility Management, IUNR

Grüntal, 8820 Wädenswil

Mathis, Alex

ZHAW Life Sciences und Facility Management, IUNR

Grüntal, 8820 Wädenswil

Impressum

Titelbild	Topftomaten in den verschiedenen Versuchssubstraten bei Versuchsabschluss. Erstellt durch Ortner, Tim am 17. Juni 2019.
Schlagworte	Torf, Torfabbau, Torfersatz, Kulturversuch, Hortikultur, Biologischer Landbau, Tomaten
Zitiervorschlag	Ortner, T. (2019). Kulturversuche mit Torfersatzprodukten in der Bio-Pflanzenproduktion. <i>Bachelorarbeit Umweltingenieurwesen ZHAW Wädenswil</i> , unveröffentlicht.
Adresse des Instituts	Zürcher Fachhochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW Life Sciences und Facility Management LSFM Institut für Umwelt und natürliche Ressourcen IUNR Grüentalstrasse 14, 8820 Wädenswil

Zusammenfassung

Diverse europäische Länder wollen ihren Torfeinsatz in den kommenden Jahren reduzieren. In den vergangenen Jahren wurden deshalb zahlreiche Studien veröffentlicht, die den Einsatz von Torfersatzstoffen in der Pflanzenproduktion untersuchen. Trotzdem bereiten viele Substitute noch grosse Probleme bezüglich Handhabung, Nährstoffversorgung und Qualität. In der vorliegenden Arbeit wurden sechs Substratmischungen auf ihren Einsatz in der Pflanzenproduktion getestet. Bei den verwendeten Substraten handelte es sich um zwei konventionelle (eines mit und eines ohne Torf), zwei biologische, ein TEFA-Substrat (Torfersatzstoff aus Maisstängel) und ein Torfsubstrat, dem als Zusatzstoff Käferpellets (Kotpillen von Käferlarven) beigemischt wurden. In einem Anbauversuch mit 150 Topftomaten wurden während einer Versuchszeit von 15 Wochen regelmässig Daten zum Chlorophyllanteil, der Kulturhöhe, dem Sprossdurchmesser, der Blüten- und Fruchtbildung, dem Frühertrag, der Sprossmasse und dem Nitratanteil im Pflanzensaft erhoben. Mithilfe dieser Erhebungen und Substratanalysen zum pH- und EC-Wert sowie dem Nitratgehalt wurde der Einfluss der Substratmischungen auf die Kultur und die unterschiedlichen Leistungen der Pflanzen untersucht. Nach Versuchsabschluss konnten deutliche Unterschiede bei den erhobenen Daten festgestellt werden. Die Pflanzen der biologischen Variante mit einem hohen Anteil an Coco-Peat und einem tiefen Anteil an Gartenkompost bildeten im Vergleich zur Torfvariante mit einem 25-prozentigen Anteil an Käferpellets oder der TEFA-Variante eine signifikant höhere Sprossachse aus. Die Sprossmasse bei Versuchsabschluss betrachtend, lieferte dieselbe biologische Variante signifikant höhere Werte als die beiden zuvor genannten Varianten und die Torfvariante ohne Käferpellets. Die Torfvariante mit Käferpellets bildete eine signifikant höhere Anzahl Blüten aus als alle anderen Varianten, ausser der konventionellen Variante ohne Torf. Eine mögliche Erklärung hierfür kann durch die relativ hohen Phosphorgehalten in den Käferpellets oder einer erhöhten biologischen Aktivität, bedingt durch deren Beimischung, geliefert werden. Zudem kann festgehalten werden, dass die Variante mit konventionellem Substrat ohne Torf bei einigen Parametern überzeugende Resultate zeigte. So war etwa der Sprossdurchmesser dieser Variante bei Versuchsabschluss signifikant breiter als bei anderen Substratmischungen und sie lieferte einen deutlich höheren Ertrag als die oben beschriebene biologische Variante und die TEFA-Variante. Weiter wurde festgestellt, dass auch die biologische Variante ohne Gartenkompost überzeugende Ergebnisse zeigte. Biologische Substrate benötigen für vergleichbare Leistungen wie Torfsubstrate aber eine höhere Stickstoffdüngung. Für künftige Studien wird empfohlen, bei der konventionellen Variante ohne Torf die mineralische Startdüngung durch eine starke organische Düngung zu ersetzen, um ein vollständig biologisches Substrat, mit vergleichbarer Effizienz anbieten zu können. Dies könnte durch einen höheren, als dem in der oben genannten biologischen Variante eingesetzten Anteil an Gartenkompost erreicht werden.

Abstract

Several European countries want to reduce their use of peat in the coming years. Recently numerous studies investigating the use of peat substitutes in plant production have been published. Nevertheless, many substitutes still pose major problems in terms of handling, nutrient supply and quality. In the thesis present, six substrate mixtures were tested for their use in plant production. Two biological and two conventional (one with and one without peat) mixtures were used as substrates. In addition, a TEFA substrate (corn stalk peat substitute) and a peat substrate mixed with 25 % faeces of beetle larvae were used. In a trial with 150 pot tomatoes, data on the chlorophyll content, culture height, shoot diameter, flower- and fruit-formation, early yield, shoot mass and nitrate content in the plant sap was regularly collected over an experimental period of 15 weeks. Via this data the influence the different substrate mixtures had on the experimental culture was examined. Substrate analyses of the pH and EC value as well as the nitrate content helped to interpret the different performance of the plants. At the end of the trial significant differences could be noted in the data collected. The plants of the biological variant with a high amount of coco-peat and a small amount of garden compost were significantly higher in comparison to the peat variant with 25 % faeces of beetle larvae and the TEFA variant. Measurement the shoot mass at the end of the test, the same biological variant gave significantly higher values than the two previously mentioned variants as well as the peat variant without beetle pellets. The peat variant with beetle pellets resulted in a significantly higher number of flowers than all the other variants, except for the conventional variant without peat. One possible explanation for this may be provided by the relatively high level of phosphorus in the beetle pellets or by the increased biological activity which resulted through them being added to the mixture. In addition, it can be stated that the variant with conventional substrate without peat showed convincing results in some parameters. For example, the shoot diameter of this variant was significantly wider at the end of the test than in other substrate mixtures and it provided a considerably higher yield than the biological variant described above and the TEFA variant. Another finding was that even the biological variant without garden compost showed quite convincing results. However, biological substrates require a higher nitrogen input for a comparable performance to peat substrates. For future studies on peat substitutes it is recommended to replace the mineral fertilizer in the used conventional variant without peat with a strong organic fertilizer in order to offer a fully biological substrate with comparable efficiency. This could be achieved by using a higher proportion of garden compost than the small amount used in the above-mentioned biological variant.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Theorie	6
2.1	Relevanz von Torf in der heutigen Pflanzenproduktion	6
2.2	Umdenken in der Torfpolitik	7
2.3	Forschungsarbeiten zu Torfersatzprodukten	9
3	Material und Methoden	13
3.1	Verwendete Substrate.....	13
3.2	Beschreibung der Substratkomponenten.....	14
3.2.1	Torf.....	14
3.2.2	Holzfasern.....	15
3.2.3	Coco-Peat / Kokosfasern	16
3.2.4	Rindenkompost.....	17
3.2.5	Torfersatz Bio-Linie.....	17
3.2.6	Landerde.....	17
3.2.7	TEFA.....	18
3.2.8	Käferpellets.....	19
3.2.9	Bläherlit.....	20
3.3	Versuchskultur	21
3.4	Versuchsanordnung	21
3.5	Klimaführung	23
3.6	Bewässerung	23
3.7	Schädlingsbekämpfung.....	24
3.8	Analysen an der Kultur	24
3.8.1	Chlorophyllanteil	25
3.8.2	Kulturhöhe.....	25
3.8.3	Durchmesser der Sprossachse.....	25
3.8.4	Blüten- und Fruchtbildung.....	25
3.8.5	Nitratstickstoffanteil (NO ₃ -N) im Pflanzensaft	26
3.8.6	Frühertrag	26
3.8.7	Sprossmasse	27
3.8.8	Wurzelbild	27
3.9	Substratanalysen	28
3.9.1	Probennahme und Analysenmethode.....	28
3.9.2	EC-Wert (Leitfähigkeit).....	28
3.9.3	pH-Wert.....	29

3.9.4 Nitratstickstoffanteil (NO ₃ -N)	29
3.10 Düngung	30
3.11 Statistische Auswertungen	34
4 Resultate	35
4.1 Messungen an der Kultur	35
4.1.1 Kulturhöhe	35
4.1.2 Durchmesser der Sprossachse	36
4.1.3 Chlorophyllanteil	37
4.1.4 Nitratstickstoffanteil (NO ₃ -N) im Pflanzensaft	38
4.1.5 Blüten- und Fruchtbildung	39
4.1.6 Frühertrag	40
4.1.7 Sprossmasse	41
4.1.8 Wurzelbild	42
4.2 Substratanalysen	44
4.2.1 Nitratstickstoffanteil (NO ₃ -N)	44
4.2.2 pH-Wert	45
4.2.3 Leitfähigkeit (EC-Wert)	46
5 Diskussion	48
5.1 Versuchsbeginn (Versuchswochen 1 bis 4)	48
5.2 Versuchswochen 5 bis 9	49
5.3 Versuchswochen 9 bis 13	51
5.4 Versuchsabschluss (Versuchswochen 13 bis 15)	53
5.5 Fazit	56
6 Literaturverzeichnis	57
Abbildungsverzeichnis	62
Tabellenverzeichnis	65
Anhang	

1 Einleitung

In der Zierpflanzen- und Gemüseproduktion bildet Torf eine weit verbreitete Substratkompone-
nente. Da durch den Torfabbau aber hohe Mengen an Treibhausgasen freigesetzt und sen-
sible Ökosysteme zerstört werden, gilt dieser als problematisch (Rüttimann, 2019a). Der Ab-
bau von Torf ist in der Schweiz bis auf einige Ausnahmen seit 1987 verboten und in der
Bundesverfassung geregelt. Nach Art. 78 Abs. 5 dürfen in Mooren und Moorlandschaften der
Schweiz keine Bodenveränderungen irgendwelcher Art vorgenommen werden (Bundesver-
fassung, 1999). Dennoch werden jährlich ungefähr 524'000 Kubikmeter Torf in die Schweiz
importiert, wovon 58 % für die Herstellung von Substraten verwendet werden. Gerade in der
biologischen Landwirtschaft wäre eine torffreie Pflanzenproduktion wünschenswert. Obwohl
immer wieder Bestrebungen in Richtung einer torffreien Produktion unternommen werden,
bereiten die aktuellen Ersatzstoffe Probleme bezüglich der Handhabung, Nährstoffversor-
gung und Qualität. Um eine torffreie Pflanzenproduktion in der Schweiz voranzutreiben, ver-
abschiedete der Bundesrat im 2012 ein Torfausstiegskonzept (BAFU, 2019).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden mittels einem Anbauversuch zwei biologische
mit zwei konventionellen Substraten (je eines mit und ohne Torf) der Firma Ricoter Erdaufbe-
reitung AG verglichen. Zusätzlich zu den von Ricoter zur Verfügung gestellten Substraten
werden ein Substrat aus TEFA (Torfersatzstoff aus Maisstängel) der Firma Sorba-Absorber
GmbH und ein konventionelles Torfsubstrat, dem 25 % Käferpellets (Kotpillen von Käferlar-
ven) beigemischt wurden, untersucht. Mit TEFA konnten in Versuchen mit anderen Kultur-
pflanzen bereits Erfahrungen gesammelt werden (Sorba-Absorber GmbH, 2015). Insbeson-
dere beim Einsatz mit Topftomaten bestehen aber noch Wissenslücken. Inwiefern sich Kä-
ferpellets als Zusatz- oder gar Ersatzstoff für Torf eignen, ist unbekannt.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit liegt darin, mithilfe eines Pflanzversuches mit Topftomaten
den Einfluss verschiedener Substratmischungen auf die Kultur zu untersuchen. Durch re-
gelmässige Analysen während der Versuchszeit an der Kultur auf Chlorophyllanteil, Pflan-
zenhöhe, Blüten- und Fruchtansatz, Sprossdurchmesser sowie Nitratanteil im Pflanzensaft
werden die notwendigen Daten erhoben, um die unterschiedlichen Einflüsse der verschiede-
nen Substratmischungen auf die Kultur zu erläutern. Bei Kulturabschluss werden zudem Da-
ten zur Frühertrags- und der Sprossmasse erhoben. Das Wurzelbild wird visuell untersucht.
Um die Veränderungen innerhalb der Substrate aufzuzeigen und allfällige Anpassung der
Düngung rechtzeitig vornehmen zu können, werden die Substrate monatlich auf pH-Wert,
Leitfähigkeit und Nitratanteil analysiert. Mit den erzielten Ergebnissen soll eine Anwendungs-
empfehlung für die untersuchten Substratvarianten für eine torffreie Pflanzenproduktion bei
Topftomaten in der biologischen Hortikultur gegeben werden.

2 Theorie

2.1 Relevanz von Torf in der heutigen Pflanzenproduktion

Die zunehmende Spezialisierung und Technisierung unserer Gesellschaft wirkt sich je länger je mehr auf die Pflanzenproduktion aus. Auch biologisch geführte Betriebe müssen aufgrund der vorgegebenen Richtlinien bezüglich den zu verwendenden Substratkomponenten Alternativen finden (König, 2002). Substrate für Gärtnereien und Gemüseproduzenten wurden während vieler Jahre aus eigenen Kompostmischungen hergestellt. Pflanzen wurden für die Aufzucht in Aussaatschalen ausgesät und anschliessend in Multitopfplatten pikiert. Diese Anforderungen erfüllten Kompostmischungen problemlos. Um schneller, mit grösserer Anbausicherheit und mit einer höheren Effizienz arbeiten zu können, wird heute meist mittels Erdpresstopftechnik gearbeitet. Bei dieser Technik wird der Samen direkt in gepresste Erdballen gesät. Dadurch fällt der Schritt des Pikierens weg. Für diese Anzuchttechnik sind Substrate aus reinem Kompost im Gegensatz zu Torf ungeeignet, da sie zu wenig pressfähig sind, um in solchen Maschinen verarbeitet zu werden (König, 2002). Nicht nur in der Jungpflanzenproduktion, sondern auch in der Pflanzenproduktion generell ist Torf heute kaum mehr wegzudenken. Aufgrund seiner überzeugenden physikalischen und chemischen Eigenschaften eignet er sich grundsätzlich gut als Einzel- oder Zuschlagskomponente in Substratmischungen. Die Eigenschaften von Torf entsprechen denjenigen, die sich Pflanzenproduktionsbetriebe für ihre Substrate wünschen. Die Porenstruktur soll für eine gute Luftkapazität wie auch Wasserrückhaltefähigkeit sorgen und die Kationenaustauschkapazität (KAK) soll möglichst hoch sein (Dumroese, R., 2011). Eine geringe Dichte der Substratkomponenten wird von Produzenten geschätzt, da diese die Transportkosten tief hält. Zudem soll ein gutes Substrat möglichst frei von keimbaren Unkrautsamen und Krankheiten sein – ein weiterer Punkt, den Torf gut erfüllt (Bohlin & Holmberg, 2004). Zusätzliche Informationen zu den Eigenschaften von Torf finden sich in Kapitel 3.2.1.

Da viele der von Pflanzenproduzenten gewünschten Substrateigenschaften von Torf perfekt abgedeckt werden, bestehen Bedenken, dass der Anbau mit torffreien Substraten das Risiko für die angebaute Kultur erhöhen würde. Denn auch wenn eine perfekte Substratmischung, die den Eigenschaften von Torf um nichts nachsteht, erarbeitet würde, müsste nach Grossmann et al. (2015) bei der Einführung ebendieser mit Mehraufwand gerechnet werden. Zu Torf besteht bereits ein grosses Wissen bezüglich Wasser- und Düngerversorgung. Bei der Einführung neuer Substrate muss die richtige Bewässerung und Düngung mit Versuchen neu erarbeitet werden. Bis die idealen Einstellungen gefunden sind, muss deshalb mit einer tieferen Pflanzenqualität oder gar mit Ausfällen gerechnet werden.

Nichtsdestotrotz existieren in der Schweiz Pionierbetriebe, die erfolgreich torffrei produzieren. Die Huplant Pflanzenkulturen AG in Hirschthal (AG) ist einer dieser Betriebe. Die Tatsa-

che, dass weder ein Förster die Erde im Wald für seine Jungbäume mit Torf anreichert, noch ein Bauer vor der Aussaat Torf auf seinem Acker ausbringt, machte Adrian Huber, einem der Inhaber des Pflanzenproduktionsbetriebes, deutlich, dass die Natur auch ohne Torf gute Bedingungen für das Pflanzenwachstum bietet. Deshalb setzt Huplant bereits seit 2015 für alle Pflanzen auf ein torffreies Substrat bestehend aus Kokosfasern, Holzfasern, Rindenkompost und Humus. Trotzdem sei die Umstellung enorm aufwendig gewesen, denn ohne Torf wachsen Pflanzen kompakter und einige Kulturen wie zum Beispiel Callunen mussten sogar aus dem Sortiment genommen werden, da sie auf dem neuen Substrat nicht gleich gut wuchsen (Rüttimann, 2019b).

2.2 Umdenken in der Torfpolitik

Seit geraumer Zeit steht Torf zunehmend in der Kritik und in einigen Ländern wird gar eine komplett torffreie Pflanzenproduktion angestrebt. Die britische Regierung hat beispielsweise schon früh Ziele für den Torfausstieg festgelegt, welche die Industrie dazu angeregt haben, die Entwicklung geeigneter Alternativen voranzutreiben (Alexander et al., 2008). So soll im Hobbybereich ab 2020 und im Profibereich ab 2030 komplett torffrei produziert werden (Altwegg, 2011).

Der Grund für dieses Umdenken liegt in der Problematik, die mit dem Torfabbau einhergeht. Moorböden und somit Torf fungieren als Kohlenstoffspeicher. Zwar sind Moorböden weltweit lediglich auf 3 % der Landoberfläche zu finden, dennoch speichern sie etwa ein Drittel des gesamthaft im Boden gebundenen Kohlenstoffes. Mit dem Abbau von Torf beziehungsweise der Entwässerung der Moore verflüchtigt sich der Kohlenstoff als Kohlenstoffdioxid und trägt massgeblich zur Klimaerwärmung bei (Trepel, 2007). Ein weiteres Problem, das mit dem Torfabbau einhergeht, bilden die negativen Auswirkungen auf Flora und Fauna: Die Trockenlegung von Mooren führt zur Zerstörung sensibler Ökosysteme und damit miteinhergehend zu einem drastischen Verlust moortypischer Arten (Pöstinger, 2007).

In der Schweiz ist der Abbau von Torf zwar verboten, trotzdem setzen viele Erdaufbereitungsbetriebe nach wie vor auf seine Verwendung, um zufriedenstellende Substrate anbieten zu können. Wie in Tabelle 1 ersichtlich, ist in den Bio-Suisse-Richtlinien festgehalten, welche maximalen Torfanteile für die verschiedenen Anwendungen verwendet werden dürfen, beziehungsweise welche minimalen Kompostanteile enthalten sein müssen (Bio-Suisse, 2018). Dass selbst in der biologischen Jungpflanzenproduktion ein Torfanteil von bis zu 70 % erlaubt ist, zeigt eindrücklich auf, wie schwierig es ist, geeignete Ersatzprodukte zu finden.

Tab. 1: Bio-Suisse setzt Richtlinien für die Verwendung von Torf in Substraten (Bio-Suisse, 2018).

	maximaler Torfgehalt	minimaler Kompostanteil
Jungpflanzen-Anzuchtsubstrate und Substrate für Moorbeetpflanzen	70 %	–
Kultursubstrate für Gruppenpflanzen und Stauden	30 %	20 %
Kultursubstrate für Topfpflanzen (inkl. Kräuter)	50 %	10 %
Einheimische Wildpflanzen	0 %	20 %

In der Schweiz wurde das Torfausstiegskonzept im Jahr 2012 vom Bundesrat verabschiedet. In einer ersten Phase sollten die Branchen auf einer freiwilligen Basis aktiv werden, um ihren Torfeinsatz zu reduzieren (BAFU, 2019). Im Sommer 2017 folgte der erste Schritt zur Umsetzung des Konzepts. Vertreter des Detailhandels, des Gartenbaus, der Erden-Produzenten und des Verbandes des gärtnerischen Einzelhandels unterzeichneten eine Absichtserklärung, um die Verwendung von Torf zu reduzieren. Unterzeichnende waren unter anderem die Coop, die Migros, die Landi Schweiz AG und die Ricoter Erdaufbereitung AG. Die Absichtserklärung beinhaltet den Vorsatz, dass sich die Unterzeichnenden für eine konsequente Reduktion von Torf einsetzen, der Torfanteil bei Sackerden bis 2020 auf maximal 5 % (gemessen am Gesamtvolumen) reduziert wird und sie dem BAFU Informationen über die importierten, wie auch verkauften Torfmengen zur Verfügung stellen (BAFU, 2017). Parallel zur Sensibilisierung der Branche für einen stufenweisen Torfausstieg unterstützt das BAFU die Forschung im Bereich Torfersatzprodukte. So hat die Forschungsgruppe Ökobilanzierung der ZHAW 2015 eine Studie veröffentlicht, die zehn Substratkomponenten und sieben Substratmischungen miteinander vergleicht (Eymann et al., 2015). Zudem startete 2017 ein dreijähriges Praxisprojekt mit zehn Gärtnereien, das die Einführung von torfreduzierten und torffreien Substratmischungen unterstützt (siehe Kapitel 2.3) (BAFU, 2019).

Die Schweiz steht mit dem Bestreben, den Torfeinsatz zu reduzieren, nicht alleine da. Besonders bei den politischen Entscheidungsträgern der EU geniessen Moore seit einiger Zeit ein hohes Mass an Aufmerksamkeit (Peters & Von Unger, 2017). Die EU-Strategie zur Erhaltung der biologischen Vielfalt 2020 enthält sogar das Kernziel, „den Verlust der biologischen Vielfalt und die Verschlechterung der Ökosystemleistung in der EU bis 2020 zu stoppen und mindestens 15 % der verschlechterten Ökosysteme wiederherzustellen“ (Europäische Kommission, 2011). Hinsichtlich dieses Ziels fiel der Leistungsausweis bisher jedoch bescheiden aus. In der Halbzeitbilanz aus dem Jahr 2015 ist festgehalten, dass „der Trend zur Verschlechterung von Ökosystemen nicht aufgehalten werden konnte“ und „noch viel zu tun bleibt, um den Verlust der Artenvielfalt zu stoppen“ (Europäische Kommission, 2015).

Das Vereinigte Königreich verfolgt eine Strategie, die auf einen baldigen und kompletten Torfausstieg abzielt. Durch die grosse Vertretung an Moorflächen im Vereinigten Königreich

wurde deren enorme Bedeutung für die Gesellschaft schon früh erkannt. Trotzdem befinden sich heute 80 % aller dortigen Moore in einem beschädigten oder sich verschlechternden Zustand (IUCN, 2018). Seitens der britischen Regierung besteht der Plan, dass im Hobby-Gartenbau bis 2020 und im professionellen Gartenbau bis 2030 kein Torf mehr verwendet werden darf (Altwegg, 2011). Neben der Regierung setzten sich in Grossbritannien aber auch etliche Umwelt-NGO's, Landwirte und Privatpersonen für dieses Ziel ein. Dies hängt wohl damit zusammen, dass die britische Regierung die Bevölkerung durch eine offensive Kommunikationsstrategie für die Torfproblematik zu sensibilisieren versucht. Im Internet findet man etliche Broschüren und Artikel zum Thema, die den Sachverhalt und die damit einhergehende Problematik erklären (IUCN, 2018).

2.3 Forschungsarbeiten zu Torfersatzprodukten

Diverse Forschungsprogramme fördern und unterstützen das Ziel, die Abhängigkeit von traditionellen Torfsubstraten zu verringern. In diesem Kapitel werden die zentralen Ergebnisse dieser Forschungsarbeiten erläutert. Eine Beschreibung der im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Substratkomponenten folgt in Kapitel 3.2.

Wie bereits in Kapitel 2.2 angedeutet, unterstützt das BAFU seit 2017 ein dreijähriges Praxisprojekt zu Torfersatzprodukten. Dabei konnten bereits erste Erkenntnisse gewonnen werden. So ist festgestellt worden, dass torffreie Substrate normalerweise eine höhere Stickstoffdüngung und ein verändertes Bewässerungsregime benötigen (BAFU, 2019). Bei Substraten, die Kompost enthalten, könne die Düngung aber trotzdem verhältnismässig tief gehalten werden. Grundsätzlich seien Pflanzen aus der torfreduzierten Produktion „gesund, stabil und gut ausgefärbt“. Zudem kann festgehalten werden, dass die Kultivierung von Pflanzen aus torfreduzierter Produktion etwas länger dauert, diese dafür aber schon früher blühen (Rüttimann, 2019c). Erläuterungen für das unterschiedliche Verhalten, gerade bezüglich der Notwendigkeit einer erhöhten Düngung und der Anpassung der Bewässerung bei torffreien Substraten, stehen noch aus. Es ist zu erwarten, dass im Abschlussbericht des Praxisprojektes darauf eingegangen wird.

An der Universität Florida wurde bereits 1994 untersucht, welche unterschiedlichen Einflüsse die Verwendung von herkömmlichem Torf und Kokosfasern als Substrate auf das Wachstum und die Sprossmasse von *Pentas lanecolata* (auch „ägyptischer Sternhaufen“ genannt) haben. Bezüglich dem Wachstum und der Sprossmasse lieferte das Medium auf Kokosbasis signifikant bessere Ergebnisse als die beiden anderen Substratvarianten. Als Fazit der Studie wird angegeben, dass Kokosfasern ein „akzeptabler Ersatz“ für Torfvarianten seien (Meerow, 1994).

Arenas et al. (2002) untersuchten in zwei Anbauversuchen mit Tomaten den Einfluss von 16 verschiedenen Substratmischungen mit den Komponenten Torf, Kokosfasern, Vermiculit und Perlite unter anderem auf den Sprossdurchmesser, die Sprossmasse, die Sprosshöhe und den Chlorophyllanteil im Blatt. Beim ersten Versuch schnitten die Substrate bestehend aus 100 % Torf, 50 % Torf + 50 % Vermiculit und 75 % Torf + 25 % Vermiculit am besten ab. Beim zweiten Versuch konnten zwischen den Ergebnissen der einzelnen Messparameter deutliche Unterschiede festgestellt werden (siehe Tabelle 2). Beim Stammdurchmesser überzeugten sowohl das Substrat bestehend aus 100 % Torf, wie auch dasjenige aus 100 % Kokosfasern. Schlecht schnitt eine Variante bestehend aus 50 % Kokosfasern und 50 % Perlite ab. Die Pflanzenhöhe lag beim Substrat aus 50 % Torf + 50 % Vermiculit am höchsten. Das schlechteste Ergebnis erzielte eine Mischung aus 75% Kokosfasern + 25 % Perlite. Den höchsten Chlorophyllanteil im Blatt wurde bei den Pflanzen gemessen, die auf dem Substrat bestehend aus 75 % Torf + 25 % Vermiculit gediehen. Die Varianten mit Anteilen an Kokosfasern oder Perlite schnitten, abgesehen vom Sprossdurchmesser und Kulturhöhe, eher schlecht ab.

Tab. 2: Messparameter bei Tomaten, kultiviert in Substraten bestehend aus Kokosfasern (C), Torf (P), Vermiculit (V) und Perlite (Pr) (Arenas et al., 2002).

Media components (%)				Root dry wt	Stem diam	Leaf area	Shoot dry wt	Stem length	Leaf chlorophyll
C	P	V	Pr	(mg)	(mm)	(cm ²)	(mg)	(cm)	concn
100	0	0	0	24	2.25*	15.22	83*	9.60*	27.33
0	100	0	0	30*	2.34*	18.69*	93*	9.91*	30.35*
50	50	0	0	24	2.15	14.50	88*	8.95	26.82
50	0	50	0	20	2.21*	14.31	77	9.70*	27.73
50	0	0	50	20	1.99	13.15	82*	8.58	27.41
0	50	50	0	27*	2.35*	18.87*	95*	10.70*	29.42*
0	50	0	50	28*	2.20*	16.71*	97*	9.35	29.04*
75	0	25	0	22	2.13	13.49	87*	8.87	27.06
75	0	0	25	22	2.17	13.68	80	8.84	27.54
0	75*	25	0	29*	2.31*	18.31*	94*	9.93*	30.88*
0	75	0	25	28*	2.27*	18.32*	85*	9.39	29.26*
50	25	25	0	26*	2.28*	16.91*	81*	10.08*	26.83
50	25	0	25	23	2.14	14.96	81*	8.97	27.05
25	50	25	0	26*	2.25*	17.47*	86*	9.76*	29.45*
25	50	0	25	25*	2.15	15.25	90*	8.82	28.74
25	25	25	25	26*	2.27*	16.25*	85*	9.65*	28.14

*Industry standard: 75% peat + 25% vermiculite.

*Means expected to be among the best ($P \leq 0.05$) as determined by Gupta's test.

Das Institut für biologisch-dynamische Forschung in Darmstadt führte 2004 ein Forschungsprojekt zu „Torfersatz bei Bio-Anzuchterden“ durch. Dabei wurden Substratmischungen, bestehend aus Torf und Kompost, verschiedene Anteile an Holzfasern zugefügt. Die drei hergestellten Substrate bestanden aus 17 % Torf + 25 % Kompost + 58 % Holzfasern, 33 % Torf + 20 % Kompost + 47 % Holzfasern und 50 % Torf + 15 % Kompost + 35 % Holzfasern. Zusätzlich wurden neun Industriesubstrate bestehend aus Torf und Kompost getestet. Es wurde unter anderem der Ertrag bei Chinakohl und Feldsalat untersucht. Bei Chinakohl lag der Ertrag der Holzfaser-Varianten zwischen 35,1 und 45,2 g/Kiste, wobei bei den reinen

Torf- und Kompost-Varianten Erträge zwischen 31,0 und 59,6 g/Kiste geerntet wurden. Beim Feldsalat lagen die Erträge bei den Varianten mit Holzfasern zwischen 4,1 und 32,3 g/Kiste, bei den industriellen Varianten zwischen 3,3 und 70,0 g/Kiste. Zudem muss beachtet werden, dass die Erträge bei den Holzfaser-Varianten mit zunehmendem Torfanteil anstiegen. Demnach konnte in diesem Versuch Torf nur bedingt durch Holzfasern ersetzt werden, ohne dass tiefere Erträge erzielt werden konnten (König, 2004).

In den Mittelmeerländern, wo dem Gartenbausektor eine hohe Bedeutung zukommt, wurden intensive Bemühungen in der Forschung unternommen, um ein mögliches Substitutionsprodukt von Torf durch die Zugabe von handelsüblichem Kompost zu ermitteln. Dabei zeigte sich, dass wenn 20 bis 30 % des Torfes mit Kompost ersetzt wurden, bei Tomaten keine negativen Erscheinungen auftraten (Moral et al., 2013). Zwei weitere Studien untersuchten den Einfluss von Kompost als Torfersatzprodukt spezifisch bei Tomaten. Bei der ersten konnte Torf mit bis zu 50 % Kompost ersetzt werden, ohne dass das Wachstum oder der Ertrag der Pflanzen beeinträchtigt wurden. Bei der Verwendung von Wurmkompost führte der vollständige Ersatz von Torf sogar zu einer signifikant höheren Sprossmasse (Lazcano et al., 2009). Die zweite Forschungsarbeit arbeitete mit drei verschiedenen Tomatensorten und sechs verschiedenen Anteilen an Wurmkompost bei Tomatensetzlingen. Nach 56 Tagen in den Versuchssubstraten wurden die Pflanzen bis zur Ernte im Feld auf einem Fluvisol-Boden weiterkultiviert. Nach Versuchsabschluss konnten keine signifikanten Ertragsunterschiede zwischen den verschiedenen Varianten festgestellt werden (Zaller, 2006).

Bezüglich der Blütenbildung ist es schwierig Studien zu finden, die den Einfluss verschiedener Substratmischungen auf diesen Parameter bei Tomaten untersuchen. Im Forschungsinstitut für Pomologie und Blumenzucht in Polen wurde aber im Jahr 2008 eine Studie veröffentlicht, die den Einfluss von Coco-Peat auf die Blütenbildung bei der Lilie „Stargazer“ untersuchte. Dabei wurde festgestellt, dass die Pflanzen, die auf Coco-Peat angezogen wurden, mehr und zudem bereits früher Blüten ausbildeten als solche im Kontrollmedium bestehend aus Torf, Rindenkompost und Sand im Verhältnis 5:1:1 (Treder, 2008). Dass der Einsatz von Coco-Peat eine frühere Blüte fördert, bestätigt auch eine Studie aus dem Jahr 2002 mit Pelargonien. Damals zeigte sich, dass die in Coco-Peat angezogenen Pelargonien sieben bis acht Tage früher Blüten bildeten als diejenigen in den Vergleichssubstraten (Treder & Nowak, 2002).

Mit TEFA wurden von den Herstellern einige Kulturversuche durchgeführt. In den vergangenen Jahren wurde es als Alleinsubstrat sowie in verschiedenen Substratmischungen getestet. Als Versuchskulturen zur Aufzucht wurde der Einfluss von TEFA auf Tomaten, Kopfsalat

und Erdbeeren untersucht. Hierbei zeigte sich, dass einzelne Pflanzen besser gediehen als diejenigen in den Vergleichssubstraten mit Holzfasern, Torf oder Kompost (Sorba-Absorber GmbH, 2015).

Zusammenfassend können einige wichtige Erkenntnisse der genannten Studien festgehalten werden. So geben mehrere Studien an, dass sich Kompost positiv auf die Pflanzengesundheit auswirkt. Nach Moral et al. (2013), können 20 bis 30 %, nach Lazcano et al. (2009) sogar 50 % des Torfes in Substraten mit Kompost ersetzt werden, ohne dass negative Auswirkungen auftreten. Gerade bei torffreien Substraten ohne Kompost muss jedoch mit einer höheren Stickstoffdüngung gerechnet werden (Rüttimann, 2019c). Kulturen auf torfreduzierten Substraten bildeten in verschiedenen Studien früher Blüten. Dies wurde beim Praxisprojekt vom BAFU (Rüttimann, 2019c) sowie zwei weiteren Studien von Treder (2008) und Treder & Nowak (2002) festgestellt. Zu Kokosfasern als Torfersatzstoff ergaben die einzelnen Studien unterschiedliche Ergebnisse: Meerow (1994) stellte beim Einsatz von Kokosfasern im Vergleich zu Torf in Substraten einen positiven Einfluss auf das Wachstum und die Sprossmasse fest. Arenas et al. (2002) konnten diesen positiven Effekt von Kokosfasern aber nur beim Durchmesser der Sprossachse und der Kulturhöhe feststellen. Torfsubstrate schnitten in dieser Studie bei den meisten erhobenen Parametern besser ab als die Kokosfaser-Varianten. Weiter stellten Arenas et al. (2002) fest, dass sich Vermiculit in Substraten positiv auf die Pflanzenhöhe, den Sprossdurchmesser und die Sprossmasse auswirken.

Einige der in den genannten Forschungsarbeiten untersuchten Substratkomponenten werden im nachfolgend beschriebenen Kulturversuch ebenfalls verwendet. Inwiefern die Ergebnisse miteinander korrelieren oder abweichen und was mögliche Gründe hierfür sein könnten, wird in Kapitel 5 diskutiert.

3 Material und Methoden

3.1 Verwendete Substrate

Für den Kulturversuch wurden sechs Substrate verwendet, wovon vier Substratmischungen von der Ricoter Erdaufbereitung AG zur Verfügung gestellt wurden. Bei den Substraten von Ricoter handelte es sich zum einen um zwei konventionelle Substrate, eines davon mit und eines ohne Torf (Substrat 144 und 158). Dem torffreien Substrat 158 wurde vor Versuchsbeginn eine nicht näher beschriebene, mineralische Startdüngung zugeführt. Zum andern stellte Ricoter zwei Substrate zur Verfügung, die den Bio-Suisse-Richtlinien entsprechen und kein Torf enthalten (Substrat 127 und 165). Neben den Substraten von Ricoter wurden zwei weitere Substrate auf ihren Einsatz in der Pflanzenproduktion geprüft. Eines dieser Substrate bestand grösstenteils aus TEFA. Mit dem sechsten Substrat wurde die Eignung von Käferpellets als Substratzusatzstoff untersucht. Für die Untersuchung des Einflusses solcher Kotpillen auf die Pflanzeigenschaften wurden der Variante 1 25 % dieser Käferpellets beige-mischt.

Ein detaillierter Überblick der Substratbestandteile sowie den erhobenen pH- und EC-Werten bei Versuchsbeginn und den Angaben der Hersteller gibt die nachfolgende Tabelle 3. Eine Beschreibung der einzelnen Substratkomponenten ist in Kapitel 3.2 zu finden.

Tab. 3: Übersicht der einzelnen, im Kulturversuch verwendeten, Substratmischungen.

Variante	Abkürzung	Beschreibung	Bestandteile	pH-Wert nach Herstellerangaben	pH-Wert bei Versuchsbeginn	EC-Wert nach Herstellerangaben (mS/cm)	EC-Wert bei Versuchsbeginn (mS/cm)
Variante 1	Var. 1: Konv. mit Torf	Substrat 144: Weisstorf, Rindenkompost, Kokosfasern, Perlit	50 % Weisstorf, 30 % Rindenkompost, 10 % Kokosfasern, 10 % Perlit	6,0	5,71	1,2	0,30
Variante 2	Var. 2: Bio-Linie 1	Substrat 127: Rindenkompost, Torfersatz Bio-Linie, Coco-Peat, Landerde	35 % Rindenkompost, 30 % Torfersatz Bio-Linie (Holzfasern + Gartenkompost), 20 % Coco-Peat, 15 % Landerde steril	7,2	7,09	1,1	0,62
Variante 3	Var. 3: Konv. ohne Torf	Substrat 158: Coco-Peat, Rindenkompost, Holzfasern, Perlit, miner. Startdüngung	35 % Coco-Peat, 30 % Rindenkompost, 30 % Holzfasern, 5 % Perlit, miner. Startdüngung	7,0	6,98	1,6	1,32

Variante 4	Var. 4: Bio-Linie 2	Substrat 165: Coco-Peat, Torfersatz Bio-Linie, Rindenkompost, Perlit	35 % Coco-Peat, 30 % Rindenkompost, 30 % Torfersatz Bio-Linie (Holzfasern + Gartenkompost), 5 % Perlit	7,0	7,16	1,2	0,57
Variante 5	Var. 5: TEFA	TEFA	70 % TEFA, 30 % Perlit	k. A.	6,49	k. A.	1,58
Variante 6	Var. 6: Konv. mit Torf + Käferpellets	Substrat 144 + 25 % Käferpellets	37,5 % Weisstorf, 25 % Käferpellets, 22,5 % Rindenkompost, 7,5 % Kokosfasern, 7,5 % Perlit	k. A.	5,68	k. A.	0,46

3.2 Beschreibung der Substratkomponenten

Aufgrund der mit der Torfverwendung verbundenen Umweltproblematik wurden, wie in Kapitel 2.3 beschrieben, etliche Studien durchgeführt, um geeignete Substitute zu finden (Ceglie et al., 2015; Arenas et al., 2002). Mittlerweile konnten ausführliche Erkenntnisse zur Eignung alternativer Materialien gewonnen werden. Dennoch ist es nach wie vor schwierig, die besten Substratmischungen zu finden (Ceglie et al., 2015). Im Verlauf der Jahre etablierten sich jedoch einige vielversprechende Ersatzprodukte für Torf. Ein Grossteil dieser Produkte wird heute bereits erfolgreich in der kommerziellen Erdaufbereitung verwendet (Ricoter, 2018). Nachfolgend wird auf die im Rahmen dieser Arbeit relevanten Substratkomponenten eingegangen. Detaillierte Angaben zu den Ökobilanzen der einzelnen Substratkomponenten sind in der ZHAW-Studie zu „Torf und Torfersatzprodukte im Vergleich“ von Eymann et al. (2015) zu finden.

3.2.1 Torf

Torfe werden in Mooren gebildet, wobei es aus gartenbaulicher Sicht zu unterscheiden gilt, ob der verwendete Torf aus einem Hoch- oder Niedermoor stammt. Grundsätzlich unterscheiden sich die dort gebildeten Torfe darin, dass sie unter unterschiedlichen Wasserversorgungsbedingungen entstanden. Die Wasserversorgung von Hochmooren findet nur durch Niederschlagswasser statt, wohingegen bei Niedermooren nährstoffreiches Grund-, See- und Oberflächenwasser eine bedeutende Rolle spielt. Auch durch die Wasserversorgung bedingt, ist Hochmoortorf extrem nährstoffarm, während Niedermoortorf sowohl nährstoffarm als auch nährstoffreich sein kann. Für die Produktion von Pflanzen von Bedeutung ist in erster Linie der aus Hochmooren stammende Torf, der nochmals in schwach zersetzten „Weisstorf“ und stark zersetzten „Schwarztorf“ unterteilt wird (Schmilewski, 2018). Heute bildet Hochmoortorf (siehe Abbildung 1) den weltweit bedeutendsten Substratbestandteil und stellte im Jahr 2013 in der EU ganze 75 % aller Ausgangsstoffe (Schmilewski, 2017). Die hohe

Wasser- und Luftkapazität von Torf begünstigt das Pflanzenwachstum. Ausserdem können andere Substratbestandteile wie Kompost oder Rindenhumus durch die Mischung mit Torf von der angebauten Kultur besser verwendet werden. Sowohl der tiefe pH-Wert als auch der niedrige Nährstoffgehalt tragen dazu bei, dass diese Eigenschaften in der Pflanzenproduktion einfacher von aussen gesteuert werden können (Schmilewski, 2018).



Abb. 1: Hochmoortorf ist heute der weltweit bedeutendste Substratbestandteil (Ricoter, 2019).

3.2.2 Holzfasern

Für die Verwendung als Substratkomponente wird das aus Sägereien stammenden Restholz thermo-physikalisch aufgefasernt. Die Verarbeitung vom Ausgangsstoff Holzhackschnitzel zu den in Abbildung 2 ersichtlichen Holzfasern benötigt eine relativ hohe Menge an Energie. Dadurch, dass das Volumengewicht von Holzfasern äusserst gering ist, können die beim Transport anfallenden Emissionen aber verhältnismässig tief gehalten werden (Quantis, 2012). Holzfasern werden in Substraten in erster Linie aufgrund ihres hohen Wasseraufnahmevermögens geschätzt – eine Substrateigenschaft, für die sonst oftmals Torf verwendet wird. Zusätzlich zum Wasseraufnahmevermögen lockern Holzfasern das Substrat und tragen



Abb. 2: Holzfasern teilen viele Eigenschaften mit Torf (Ricoter, 2019).

dadurch zu einer optimalen Luftversorgung der Wurzeln bei (Ricoter, 2018). Betrachtet man alle Torfersatzstoffe, sind die Eigenschaften von Holzfasern neben Coco-Peat denjenigen von Torf am ähnlichsten (Neumaier, 2008).

3.2.3 Coco-Peat / Kokosfasern

Coco-Peat hat mit dem englischsprachigen Wort für Torf nur wenig gemein. Es spielt als Ersatz für Weisstorf aber eine wichtige Rolle. Auch wenn Coco-Peat unter komplett anderen Umständen als herkömmlicher Torf gebildet wird, ähneln sich die beiden Substratkomponenten sowohl im Aussehen als auch in der Funktion. Dadurch, dass das in Abbildung 3 ersichtliche Coco-Peat eine nachhaltige und erneuerbare Ressource ist und als Nebenprodukt in der Kokosnussindustrie anfällt – es handelt sich um die Feinbestandteile zwischen den Fasern, die die Aussenhülle der Kokosnuss umgeben – revolutioniert es die Landwirtschaft rund um den Globus (McCluskey, C., ohne Datum). Neben Coco-Peat fallen bei der Kokosnussverarbeitung auch Kokosfasern an (siehe Abbildung 4). Diese werden nach der Trennung vom Coco-Peat je nach Verwendungszweck auf unterschiedliche Längen zugeschnitten (Amberger-Ochsenbauer, 2008). Durch die Zugabe der Fasern erlangt das Substrat ein höheres Luftporenvolumen und wird zudem drainiert. Eine weitere positive Eigenschaft von Coco-Peat und Kokosfasern ist das hohe Wasserrückhaltevermögen (Ricoter, 2018). Es muss angemerkt werden, dass die beiden Substratkomponenten aufgrund ihres Anbaus, der Verarbeitung und dem Transport eine relativ schlechte Ökobilanz aufweisen (Eymann et al., 2015).



Abb. 3: Coco-Peat wird weltweit als Substratkomponente eingesetzt (Ricoter, 2019).



Abb. 4: Kokosfasern sind ein weiteres Nebenprodukt der Kokosnussverarbeitung (Ricoter, 2019).

3.2.4 Rindenkompost

In Sägereien fallen durch die Entrindung grosse Mengen an Nadelholzrinden an (Ricoter, 2018). Durch das Zerkleinern und Fermentieren der Rinde entsteht Rindenkompost. Aufgrund seiner positiven Eigenschaften wird Rindenkompost (siehe Abbildung 5) heute etlichen Pflanzenerden beigemischt, aber auch zur Bodenverbesserung direkt auf Beeten ausgebracht. Rindenkompost wird in Substraten wegen unterschiedlichen Eigenschaften geschätzt. Die hohe Luftkapazität verringert das Vernässungsrisiko, die gute Kationenaustauschkapazität führt zu einer Verringerung der Gefahr von Salzschäden und zudem wirkt sich Rindenkompost positiv auf die pH-Puffereigenschaften von Substraten aus. Durch die geringe Wasserkapazität müssen Substrate mit hohem Anteil an Rindenkompost allerdings häufiger bewässert werden. Auch die relativ hohen Nährstoffgehalte (vor allem Kalium und Phosphat) müssen für den Einsatz als Substratkomponente beachtet werden, da diese bei salzempfindlichen Kulturen zu Problemen führen können (Anneser, 2008).



Abb. 5: Rindenkompost eignet sich besonders gut als Bodenverbesserer (Ricoter, 2019).

3.2.5 Torfersatz Bio-Linie

Der Torfersatz, den Ricoter in den beiden verwendeten Bio-Varianten einsetzt, besteht aus den in Kapitel 3.2.2 beschriebenen Holzfasern, die mit wenig Gartenkompost vermischt wurden. Der Gartenkompost enthält Nährstoffe und verbessert durch seinen hohen Anteil an organischer Substanz die Bodenstruktur. Aufgrund dieser Eigenschaften, kombiniert mit denjenigen der Holzfasern, eignet sich der verwendete Torfersatz als Bodenverbesserer für schwere und humusarme Böden (Ricoter, 2018).

3.2.6 Landerde

Bei der in einer biologischen Variante von Ricoter vorhandenen Landerde (siehe Abbildung 6) handelt es sich um einen Teil der Humusschicht, der bei der Ernte von Zuckerrüben aus dem Mittelland der Schweiz als Nebenprodukt anfällt. Nach der Ernte wird die Resterde an den Rüben durch Waschen entfernt und anschliessend mit Pressen vorentwässert (Ricoter,

2018). Die so gewonnene Erde wird aufgehäuft, wodurch die Temperatur im Inneren bis auf ungefähr 70°C ansteigt. Durch die erhöhte Temperatur werden bereits viele unerwünschte Schadorganismen abgetötet und der Gehalt an Trockensubstanz erhöht. Landerde als Substratkomponente kann unterschiedliche Anforderungen erfüllen. Die darin vorhandenen Mikroorganismen beleben das Substrat und fördern eine schnelle Nitrifikation. Der hohe Tonanteil führt zudem zur Bildung stabiler Kompostkrümel (Eymann et al., 2015). Ricoter weist in ihrem Sortimentskatalog darauf hin, dass sie ihren Substraten Landerde in erster Linie als Nährstofflieferant und Feuchtigkeitsspeicher zufügen (Ricoter, 2018).



Abb. 6: Die in einigen Substraten von Ricoter verwendete Landerde stammt aus der Zuckerrübenproduktion (Ricoter, 2019).

3.2.7 TEFA

TEFA ist ein Torfersatzprodukt, das in der Schweiz durch die Firma Sorba-Absorber GmbH in Biel hergestellt wird. Wie Jonas Lécho, einer der am TEFA-Projekt beteiligten Personen, Auskunft gibt, wird TEFA aus der Rindenfraktion der Maisstängel, die nach der Ernte auf dem Feld verbleiben, hergestellt. Durch das Mahlen der Rinde, einem Verfahren zur Reduktion von pH-Wert und Salzgehalt und dem anschliessenden Mischen mit Perlite, entsteht das in Abbildung 7 ersichtliche TEFA-Substrat. Das Potential von TEFA ist gross: Pro Hektare



Abb. 7: Das getestete TEFA wurde für die Verwendung mit 30 % Perlite gemischt (Ortner, 2019).

angebautem Mais fallen ungefähr 0,5 bis 1,2 Tonnen Stammmaterial an, aus dem TEFA hergestellt werden könnte. Neben der zusätzlichen Wertschöpfung für die Maisproduzenten könnte eine Verwendung dieses Materials unter Umständen auch die Population der Stängelbohrer-Motte reduzieren. Das Gesamtporenvolumen bei Feldkapazität liegt bei TEFA aufgrund seiner Struktur mit 92 % enorm hoch, wodurch es sich gut zur Strukturverbesserung von schweren Substraten eignet. Zudem ist TEFA in der Schweiz als Hilfsstoff für die biologische Produktion zugelassen. Nährstofftechnisch gesehen, ist TEFA weniger interessant. Es enthält praktisch keinen Stickstoff und Phosphor, dafür aber einen hohen Anteil an Kalium (Sorba-Absorber GmbH, 2015). TEFA hat direkt nach der Ernte, bedingt durch den erhöhten Kaliumanteil, einen hohen Salzgehalt, was die Verwendung als Substrat problematisch macht. Um den Salzgehalt zu verringern, muss es nach der Ernte ausgepresst werden. Ein weiteres Problem ist die mangelnde Kapillarität, die eine Anstaubewässerung verunmöglicht. Ausgetrocknetes TEFA ist zudem schlecht benetzbar. Dieses Problem soll in Zukunft durch die Zugabe spezieller Pflanzenkohle beseitigt werden.

3.2.8 Käferpellets

Der im Jahr 2018 gegründete Verein „Food from Wood“ produziert Käferlarven für die Eiweissproduktion. Als Nebenprodukt fallen Kotpillen an, für die bis anhin keine Verwendung gefunden wurde (siehe Abbildung 8). Über die Eignung als Substratkomponente bestehen laut Pascal Herren, einem der Mitarbeiter des Forschungsprojektes, noch keine Informationen. Nährstoffanalysen der Käferpellets ergaben, dass der Stickstoffgehalt sehr tief liegt. Der Gehalt an Kalium und Phosphor fällt jedoch hoch bis sehr hoch aus und der pH-Wert, wie auch die elektrische Leitfähigkeit sind erhöht (siehe Anhang 5). In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, welchen Einfluss eine 25-prozentige Zugabe von Käferpellets zu einem konventionellen Torfsubstrat hat.



Abb. 8: Die in der Variante 6 verwendeten Käferpellets (Ortner, 2019).

3.2.9 Blähperlite

Oftmals findet sich bei den Angaben zu Substratmischungen der Hinweis, dass Perlite enthalten sei. So auch bei einigen der in der vorliegenden Arbeit verwendeten Substratmischungen. Die Bezeichnung Perlite ist jedoch eine Vereinfachung und eigentlich nicht korrekt. Für die Verwendung als Substratkomponente muss das Ausgangsgestein Perlite gebläht werden. Hierzu wird es in einem Perlitofen auf 850 bis 1200 °C erhitzt, wodurch sich die vorhandenen Wassereinschlüsse ausdehnen und dazu führen, dass sich der in Abbildung 9 ersichtliche Blähperlite auf etwa das zehnfache Volumen des Rohperlits ausdehnt (mit einem Gesamtporenanteil von ungefähr 97 %). Ein mit der Erhitzung einhergehender positiver Effekt ist, dass Blähperlite bis zur Verwendung keimfrei bleibt. Der hohe Porenanteil macht Blähperlite auch für die Nutzung im Gartenbau interessant. Durch die hohe Luft- und Wasseraufnahmekapazität stehen Pflanzen, die auf Substraten mit Blähperlite gedeihen, meist ausreichende Mengen an Luft und Wasser zur Verfügung (Schmilewski, 2018).



Abb. 9: Blähperlite wird in der Pflanzenproduktion aufgrund seines hohen Gesamtporenanteils geschätzt (Ricoter, 2019).

3.3 Versuchskultur

Als Versuchskultur sollte eine Kultur untersucht werden, die normalerweise auch im Topf kultiviert wird und einen hohen Nährstoffbedarf aufweist, wodurch eine allfällig ungenügende Nährstoffversorgung schnell erkannt werden kann. Entsprechend diesen Vorgaben wurde die Hybridsorte „Totem F1“, eine Topftomate, als Versuchskultur gewählt. Die ungebeizten Samen wurden bei der Bigler Samen AG aus Thun bestellt. Es wird angegeben, dass die Kultur „runde, mittelfeste, vollständig rote und aromatische Früchte“ erzeugt (Bigler Samen AG, 2018). Die Samen wurden am 12. Februar 2019 in ein Anzuchtsubstrat ausgesät und nach erfolgtem Pikieren am 13. März 2019 in die jeweiligen Versuchssubstrate umgetopft (siehe Abbildung 10). Der Versuch wurde am 19. Juni 2019 abgeschlossen. Für die Kultur wurden Töpfe mit einem Volumen von 5 Litern und einem Durchmesser von 22,7 Zentimetern verwendet.



Abb. 10: Die Jungpflanzen in der ersten Woche nach erfolgtem Umtopfen in die verschiedenen Versuchssubstrate (Ortner, 2019).

3.4 Versuchsanordnung

Für den Versuch wurden pro Substratvariante jeweils 25 Versuchspflanzen angezogen. Die einzelnen Varianten wurden in fünf Wiederholungsreihen (WH) an jeweils fünf Pflanzen aufgeteilt. Die Versuchsanordnung wurde randomisiert geplant und die einzelnen Varianten wiesen dementsprechend möglichst viele verschiedene benachbarte Substrate auf. Für die insgesamt 150 Pflanzen standen zwei Tische mit einer Fläche von jeweils 2 x 6 Metern zur Verfügung. Jeder Pflanze stand somit auf einer Fläche von ungefähr 0,16 Quadratmetern. Der detaillierte Versuchsplan ist in Abbildung 11 ersichtlich.

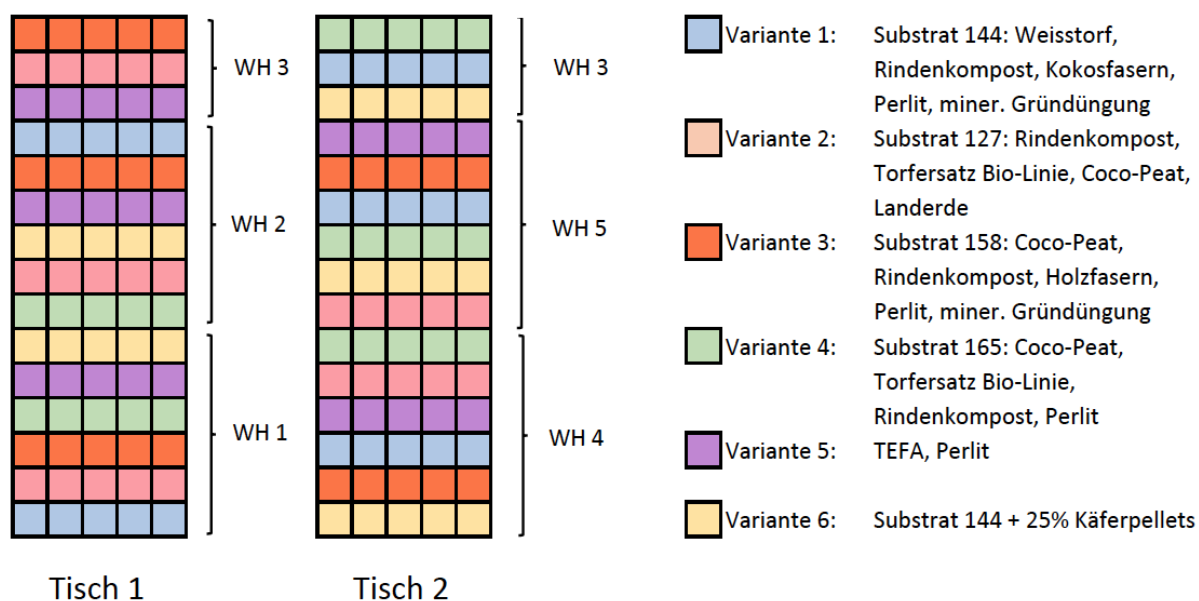


Abb. 11: Die Versuchsanordnung der Versuchswochen 1 bis 9.

In der Versuchswoche 9 (VW 9) wurde der Platz für die Tomaten zunehmend knapp. Deshalb wurde entschieden, sie neu auf vier Tische zu verteilen. Die Reihenfolge der einzelnen Wiederholungsreihen blieb bestehen. Der Versuchsplan wurde gemäss Abbildung 12 angepasst und den Tomaten standen ab diesem Zeitpunkt dementsprechend ungefähr 0,32 Quadratmeter pro Pflanze zur Verfügung.

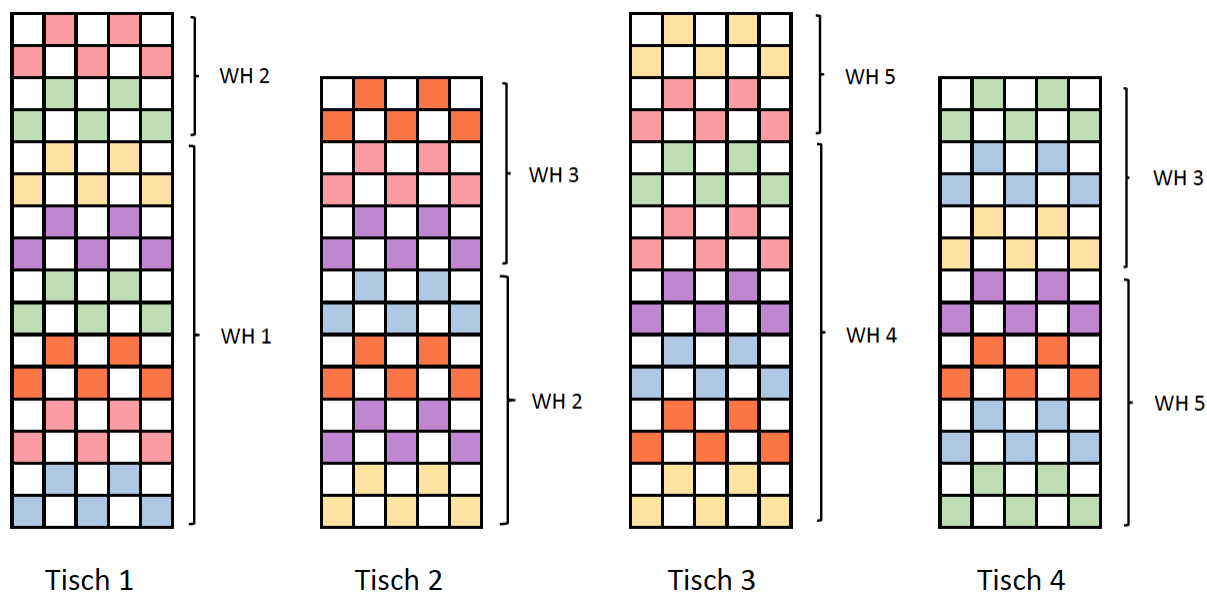


Abb. 12: Die Versuchsanordnung der Versuchswochen 9 bis 15.

3.5 Klimaführung

Die Klimaführung im Gewächshaus wurde gemäss den verschiedenen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedürfnissen der Kulturen der vorhandenen Semester- Bachelor- und Masterarbeiten sowie weiteren Versuchen im Gewächshaus geplant. Die gewählten Heiz- und Lüftungswerte wurden unter Berücksichtigung der Aussentemperatur vom Klimacomputer überwacht. Tabelle 4 zeigt die durchschnittlichen Temperatur und Feuchtigkeitsdaten der einzelnen Versuchswochen. Die Rohdaten zu den einzelnen Heiz- und Lüftungswerten sowie alle Angaben zur Aussen- und Raumtemperatur wie auch der Feuchtigkeit sind in der zugehörigen Excel-Datei „Rohdaten_BA_Ortner_2019.xlsx“ im Blatt „Klimaführung“ zu finden.

Tab. 4: Die durchschnittliche Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Gewächshaus pro Versuchswoche.

Versuchswoche	1	2	3	4	5	6	7	8
durchschnittliche Temperatur (°C)	21,95	22,75	22,85	22,80	22,51	24,01	23,64	22,93
durchschnittliche Luftfeuchtigkeit (%)	54,49	46,28	48,30	51,30	59,05	48,78	51,34	55,35

Versuchswoche		9	10	11	12	13	14	15
durchschnittliche Temperatur (°C)		23,43	23,76	23,94	25,14	23,63	22,82	22,70
durchschnittliche Luftfeuchtigkeit (%)		53,26	52,13	57,01	52,95	50,83	53,32	53,28

3.6 Bewässerung

Die Wasserversorgung der Kultur war mittels Anstaubewässerung angedacht. In den ersten Versuchswochen wurde festgestellt, dass sich die einzelnen Substratmischungen bezüglich der Wasserhaltekapazität deutlich unterscheiden und es dadurch schwierig war, sie mit dieser Technik gleichmässig mit Wasser zu versorgen. Deshalb wurde in Versuchswoche 3 entschieden, die Tische nur noch einmal pro Woche anzustauen und die einzelnen Substrate je nach Bedarf zusätzlich von Hand auszugiessen. Da aber einzelne Substrate am geplanten Tag des Anstauens immer noch sehr feucht waren und allfällige Probleme durch Staunässe vermieden werden sollten, entschied man sich, ab Versuchswoche 5 vollständig auf Bewässerung durch Anstauen zu verzichten. Somit wurden die Substrate ab Versuchswoche 5 bis Versuchsende je nach Bedarf manuell ausgegossen. Mit fortschreitender Kulturzeit erhöhte sich auch der Wasserbedarf. Es zeigte sich, dass die Variante 5 (TEFA) ein sehr schlechtes Wasserrückhaltevermögen besitzt und dreimaliges Giessen pro Woche nicht mehr ausreichte. Deshalb wurden bei der Variante 5 (TEFA) ab Versuchswoche 10 Unterteller verwendet, um einem allfälligen Austrocknen des Substrates entgegenzuwirken.

3.7 Schädlingsbekämpfung

Für die biologische Schädlingsbekämpfung wurden verschiedene Nützlinge der Firma Bio-best eingesetzt. Gegen Spinnmilben wurden während der ganzen Kulturzeit die Raubmilben *Phytoseiulus persimilis* auf die Kultur gestreut. Gegen Weiße Fliegen wurden pro Tisch fünf Karten mit der parasitären Schlupfwespe *Encarsia formosa* aufgehängt, die alle zwei Wochen gewechselt wurden. Zudem wurde für die Bekämpfung von Thrips und Spinnmilben in den ersten drei Versuchswochen die Raubmilbe *Amblyseius cucumeris* ausgestreut. Ab Versuchswoche 4 wurden pro 12 Quadratmeter der Kultur drei Hängebeutel mit *Amblyseius cucumeris* angebracht und fortan auf das Streuen derselben verzichtet (siehe Abbildung 13).



Abb. 13: Biologische Schädlingsbekämpfung mit Nützlingen (Ortner, 2019).

3.8 Analysen an der Kultur

Um den Einfluss der verschiedenen Substrate auf das Wachstum und die Eigenschaften der Kultur beurteilen zu können, wurden vor Versuchsstart verschiedene Parameter bestimmt, die während der Kulturführung in zweiwöchigem Abstand erhoben wurden. Dabei lag der Fokus auf dem Chlorophyllgehalt, der Kulturhöhe, dem Durchmesser der Sprossachse und der Anzahl vorhandener Blüten- und Fruchtausätze. Zusätzlich zu diesen Messungen wurden während der fünfzehnwöchigen Versuchszeit zweimal Analysen zum Nitratanteil im Pflanzensaft durchgeführt. Der Frühertrag wurde erfasst, sobald die ersten Früchte eine rötliche Färbung aufwiesen. Bei Versuchsabschluss wurde zudem die Sprossmasse pro Pflanze erfasst, sowie je Variante zwei Fotos der Wurzelbilder aufgenommen. Allfällige Anzeichen auf Mangelerscheinungen wie Blattverfärbungen oder Nekrosen wurden pro Variante separat notiert. Die Beobachtungen wurden für die Steuerung der Düngung und die Diskussion verwendet.

3.8.1 Chlorophyllanteil

Für die Erhebung des Chlorophyllanteils in den Blättern wurde ein Dualex® 4 Scientific der Firma Force-A verwendet. Der Anteil an Chlorophyll wird in $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ angegeben. Die Messgenauigkeit beträgt $\pm 5 \%$ (Force-A, ohne Datum). Vor der Messung wurde die Blattklemme des Dualex jeweils mit einer siebzigprozentiger Alkoholverdünnung und einem Papiertuch gereinigt und automatisch neu kalibriert. Für die Erhebung wurde bei den Pflanzen das von oben nach unten abgezählte dritte, voll entwickelte Blatt, gewählt. Anschliessend wurde an verschiedenen Stellen am gleichen Blatt fünf Mal der Chlorophyllanteil gemessen. Für die im Ergebnis- und Diskussionsteil verwendeten Zahlen wurde der Durchschnitt dieser fünf Messungen verwendet. Insgesamt wurden alle 150 Pflanzen sieben Mal auf ihren Chlorophyllanteil im Blatt untersucht.

3.8.2 Kulturhöhe

Die Zunahme der Pflanzenhöhe wurde mithilfe von Markierungen an den Stützstäben der Tomaten erhoben. Hierbei musste darauf geachtet werden, dass die zu Beginn des Versuchs in den Töpfen platzierten Bambusstäbe, an welchen der Haupttrieb der Tomaten angebunden wurde, bis zum Boden der Töpfe reichten. Alle zwei Wochen wurde auf den Bambusstäben die Pflanzenhöhe markiert. Die Markierung wurde jeweils auf der Höhe des obersten Vegetationspunktes der Pflanze angebracht. Nach Abschluss des Kulturversuches wurden die Bambusstäbe aus den Töpfen entfernt und die markierten Höhen ausgemessen. Von diesen Höhenangaben wurde anschliessend die Topfhöhe (17,2 cm) abgezogen. Pro Substratvariante wurden 20 Pflanzen ausgewertet.

3.8.3 Durchmesser der Sprossachse

Der Durchmesser der Sprossachse aller Pflanzen wurde mithilfe einer Schieblehre gemessen. Es wurde festgelegt, dass der Sprossdurchmesser immer in der Mitte, zwischen dem von oben nach unten abgezählten dritten, voll entwickelten Blatt gemessen wird. In Versuchswoche 7 wurde festgestellt, dass sich viele Haupttriebe bereits aufgetrennt hatten und die neu gebildeten Triebe oftmals bereits drei voll entwickelte Blätter trugen, der Durchmesser des neuen Triebes dabei aber deutlich dünner war als wenn man diesen unterhalb der Auftrennung des Haupttriebes erhoben hätte. Deshalb wurde ab Versuchswoche 7 bei Versuchspflanzen, bei denen der Haupttrieb bereits in zwei Einzeltriebe aufgetrennt war, der Sprossachsendurchmesser direkt unterhalb dieser Auftrennung gemessen. So konnte sichergestellt werden, dass der Durchmesser der Sprossachse innerhalb der fortlaufenden Versuchslaufzeit nicht plötzlich tiefer lag als bei einer früheren Erhebung.

3.8.4 Blüten- und Fruchtbildung

Ab Versuchswoche 5 wurde alle zwei Wochen ausgezählt, wie viele Blütenansätze die Versuchspflanzen trugen. Für die Erhebung wurde jeweils gezählt, wie viele Blütenrispen mit

offenen Blüten oder Fruchtsansätzen an den einzelnen Pflanzen vorhanden waren. Wenn Blüten bereits in die Fruchtbildung übergingen, wurden diese Rispen ebenfalls dazugezählt. Pro Erhebungstag wurden sämtliche Blütenrispen der 150 vorhandenen Pflanzen gezählt.

3.8.5 Nitratstickstoffanteil ($\text{NO}_3\text{-N}$) im Pflanzensaft

Zur Bestimmung des Nitratstickstoffanteils im Pflanzensaft wurde die Applikation „Nitrat in Gemüse“ von Merck KGaA verwendet (Merck KGaA, 2012). Die Analyse wurde einmal in Versuchswoche 9 und einmal am Ende des Versuches, in Versuchswoche 15, durchgeführt. Für die Probennahme wurde pro Topf ein voll ausgebildetes Blatt, das sich etwa in mittlerer Höhe der Pflanze befand, abgenommen. Von den entnommenen Blattproben wurden die Blattflächen als solche entfernt und anschliessend nur mit den Blattstielen weitergearbeitet.

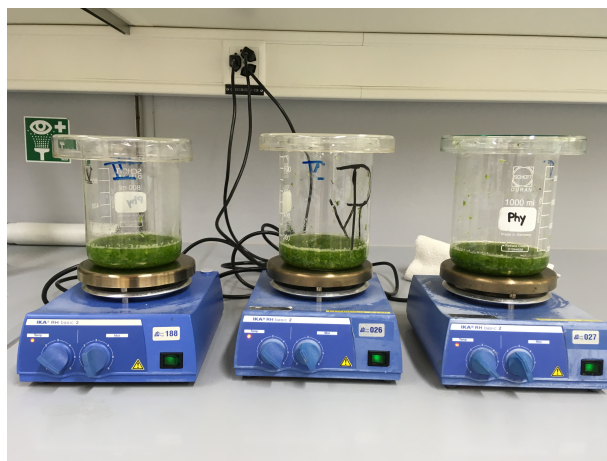


Abb. 14: Die Blattstiele werden für die Bestimmung des Nitratanteils ausgekocht (Ortner, 2019).

Somit entstanden sechs Mischproben aus jeweils 25 Blattstielpuben jeder Substratvariante. Für das weitere Vorgehen wurden pro Mischprobe ungefähr 25 Gramm Pflanzenmaterial verwendet. Dieses wurde nach erfolgtem Mixen gekocht (Abbildung 14) und das so erhaltene Extrakt mithilfe eines Reflektometers RQflex® plus 10 und Reflectoquant® Nitrat-Teststäbchen mit einem Messbereich von 5 bis 225 mg/l NO_3^- analysiert. Der Reflektometer und die Nitrat-Teststäbchen wurden von der Firma Merck KGaA bezogen. Bei Messwerten, die den Messbereich überschritten, wurde das Extrakt mit destilliertem Wasser 1:5 oder 1:10 verdünnt und die Analyse wiederholt. Die Analysenmethode von Merck ist im Anhang 3 einsehbar. Um den erhaltenen NO_3^- -Wert in den effektiv als Nitrat vorhandenen Stickstoff-Anteil umzurechnen, wurde ein Umrechnungsfaktor von 0,226 verwendet (Merck KGaA, 2016).

3.8.6 Frühertrag

Der Ertrag wurde ab Versuchswoche 13 wöchentlich erhoben. Da der Versuch nur während 15 Wochen durchgeführt wurde, konnte lediglich ein Frühertrag erfasst werden. Wie Abbildung 15 zeigt, wurden für die Gewichtserhebung in den letzten drei Versuchswochen jeweils alle Tomaten, die eine rötliche Färbung aufwiesen, geerntet und diese pro Variantenwieder-

holung (fünf Pflanzen) separat gewogen. Beim Abschluss des Versuches wurden pro Variantenwiederholung nur vier Pflanzen ausgewertet. Zudem wurden in Versuchswoche 15 auch die unreifen Früchte geerntet und für die Erhebung des Frühertrages miteinbezogen. Der Frühertrag pro Pflanze wurde mit Durchschnittswerten aus den Erträgen der Variantenwiederholungen berechnet.



Abb. 15: Der Frühertrag wurde ab Versuchswoche 13 wöchentlich geerntet und die Masse pro Variantenwiederholung erhoben (Ortner, 2019).

3.8.7 Sprossmasse

Die Sprossmasse wurde nur zum Abschluss des Versuches ermittelt. Hierzu wurden pro Variantenwiederholung diejenigen Pflanzen ausgewählt, die bereits für den Endertrag verwendet worden waren. Dementsprechend wurde auch hier nur mit vier der jeweils fünf Pflanzen pro Variantenwiederholung gearbeitet. Insgesamt wurden je Variante die Sprossmasse von 20 Pflanzen erhoben. Für die Erhebung des Sprossgewichtes wurden die kompletten Pflanzen, die nun aufgrund der vorhergehenden Ertragsermittlung (siehe Kapitel 3.8.6) keine Früchte mehr trugen, bodeneben abgetrennt. Der Spross wurde anschliessend exakt gewogen.

3.8.8 Wurzelbild

In der Fachliteratur werden diverse Methoden angegeben, um das Wurzelbild einer Kultur zu untersuchen. Diese gehen vom Messen der Wurzeltiefe oder Oberflächendichte über die Wurzeleitfähigkeit bis zur Eindringstärke der jeweiligen Wurzel. Bisher wurden diese Eigenschaften in Studien aber kaum berücksichtigt. Ein Grund hierfür ist vermutlich, dass durch die erhobenen Parameter oftmals keine eindeutige Aussage getroffen werden kann. So können beispielsweise lange Wurzeln oder hohe Oberflächendichten sowohl einen positiven als auch einen negativen Effekt auf die Ertragsbildung bewirken. Hinzu kommt, dass viele der genannten Methoden mit einem beträchtlichen Arbeits- und Technologieaufwand verbunden

sind (Kutschka et al., 2011). Aufgrund dieser Tatsachen wurde für die vorliegende Arbeit entschieden, das Wurzelbild am Ende des Versuches lediglich visuell zu untersuchen. Hierzu wurde pro Variante jeweils von zwei Wurzelbildern ein Foto gemacht. Die Töpfe wurden zufällig gewählt. Bei der Interpretation der Fotos ist zu beachten, dass es sich bei allfälligen Unterschieden zwischen den Varianten auch um einen Ausreisser der einzelnen Variante handeln kann.

3.9 Substratanalysen

3.9.1 Probennahme und Analysenmethode

Bei Versuchsstart, anschliessend jeweils alle vier Wochen während des Versuches und bei Versuchsende wurden Analysen zum pH-Wert, der Leitfähigkeit und dem Nitratstickstoffanteil in den Substraten durchgeführt. Für die Analysen während des Versuches und bei Versuchsende wurden von jeder Variantenwiederholung von einem zuvor bestimmten Topf mit Hilfe eines Bodenprobennehmers eine Probe entnommen. So entstanden pro Erhebungstag sechs Mischproben, die aus jeweils fünf separaten Töpfen kombiniert wurden. Für die Analysen bei Versuchsstart wurden die Substratproben direkt aus den angelieferten Substratbehältern, beziehungsweise bei Variante 6 (Käferpellets) nach erfolgtem Mischen, entnommen. Insgesamt wurden die Substrate fünf Mal analysiert. Die drei verschiedenen Substratanalysen wurden alle nach der „Referenzmethode der Eidgenössischen landwirtschaftlichen Forschungsanstalten“ (siehe Anhang 4) durchgeführt. Als Multimeter für die pH- und EC-Wert-Bestimmung wurde ein HQ40D Portables 2-Kanal Multimeter der Firma HACH verwendet. Die Messgenauigkeit für den pH-Wert beträgt $\pm 0,002$. Diejenige für die Erhebung der Leitfähigkeit $\pm 0,5 \%$ (HACH, ohne Datum).

3.9.2 EC-Wert (Leitfähigkeit)

Durch das Messen der Leitfähigkeit kann eine Einschätzung dazu getroffen werden, wie viele leicht verfügbare Pflanzennährstoffe im Substrat enthalten sind. In der Bodenlösung sind diese Nährstoffe als Salze gelöst und leiten den Strom in wässrigen Lösungen. Umso höher die Konzentration dieser Salze in der Lösung ausfällt, desto höher ist auch die Leitfähigkeit der Bodenlösung. Die Salzverträglichkeit von Tomaten ist hoch. Für den Anbau von Tomaten wird ein EC-Wert von 1,8 bis 2,4 mS/cm im 1:1,5 Volumenextrakt des Substrates empfohlen (Hauert, 2012). Die Bestimmung des Salzgehaltes beziehungsweise der elektrischen Leitfähigkeit erfolgte im klaren Filtrat mit einer Leitfähigkeitssonde der Firma HACH, Modell CDC401.

3.9.3 pH-Wert

Nach Hauert (2012) wird für den Anbau von Gemüse ein pH-Wert im Wasser von 5,9 bis 6,5 empfohlen. Ein stark saurer oder basischer pH-Wert im Substrat kann dazu führen, dass die im Boden vorhandenen Nährstoffe den Pflanzen nur unzureichend zur Verfügung stehen. Zudem können extreme pH-Werte dazu führen, dass die Pflanzen zu hohe Nährstoffmengen aufnehmen. Ein stark saurer pH-Wert führt beispielsweise dazu, dass sich zahlreiche Aluminium- und Manganionen lösen können und für Pflanzen in schädlichen Mengen zugänglich werden. Die Bestimmung des pH-Wertes erfolgte direkt in der aufgerührten Suspension im Filter mittels einer pH-Elektrode der Firma HACH, Modell Intellical™ PHC201 (siehe Abbildung 16).

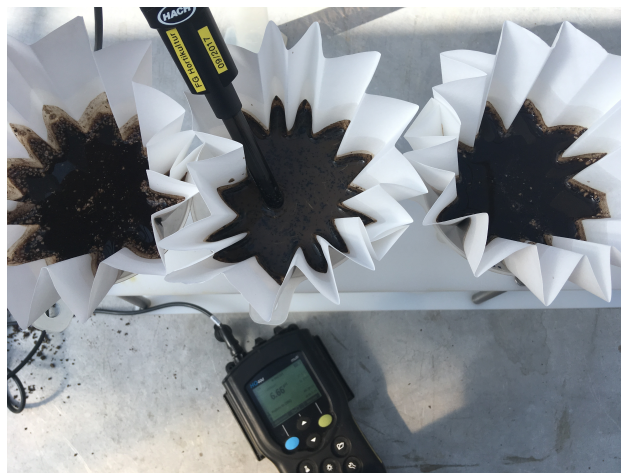


Abb. 16: Mit der Analyse des pH-Wertes im Substrat kann eine Aussage dazu getroffen werden, wie stark vorhandene Nährstoffe von den Pflanzen aufgenommen werden können (Ortner, 2019).

3.9.4 Nitratstickstoffanteil ($\text{NO}_3\text{-N}$)

Die Analyse des Nitratstickstoffanteils im Substrat gibt Auskunft darüber, ob genügend Stickstoff für das Wachstum und die Bildung von Chlorophyll vorhanden ist. In der Flugschrift 113 der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Obst-, Wein und Gartenbau Wädenswil wird angegeben, dass für „nährstoffbedürftige Kulturen“ ein Optimalbereich von 6000 bis 10'000 μmol Stickstoff pro Liter im 1:1,5 Volumenextrakt angestrebt werden sollte. Umgerechnet auf das Optimum für die Menge Stickstoff in einem Liter Substrat entspricht dies 168 bis 280 mg/l (Gysi et al., 1995). Für die Bestimmung des Nitratstickstoffanteils wurde das klare Filtrat analysiert. Die anschliessende Analyse mittels Reflektometer und Reflectoquant® Nitrat-Teststäbchen wurde analog zu der in Kapitel 3.8.5 beschriebenen Methode zur Analyse vom Nitratstickstoffanteil im Pflanzensaft durchgeführt (siehe Anhang 3).

3.10 Düngung

Für die Nährstoffversorgung der Kultur wurden drei verschiedene Düngemittel verwendet, deren zugegebene Menge bei allen Varianten im Verlauf des Versuches aufgrund von Beobachtungen an den Pflanzen, den Ergebnissen der Substratanalysen und den Herstellerangaben (TEFA) angepasst wurde. Im durchgeführten Kulturversuch wurden nur die drei Makronährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium zugeführt. Stickstoff ist wichtig für das Wachstum sowie die Bildung von Eiweiss und Chlorophyll in der Pflanze. Phosphor regt in erster Linie die Bildung von Wurzeln, Blüten und Früchten an. Kalium sorgt unter anderem für eine gute Pflanzengesundheit, Widerstandskraft und -festigkeit und fördert die Reservestoffbildung (Hauert, 2012). Die übrigen Makronährstoffe Magnesium, Calcium und Schwefel als auch Spurennährstoffe wie Eisen oder Mangan wurden für die vorliegenden Arbeit weder analysiert noch zugeführt.

Nach Sauer (2006) kann der Nährstoffbedarf von Tomaten anhand des erwarteten Ertrags berechnet werden. Es wird angegeben, dass pro Kilogramm geerntete Tomaten 1,9 Gramm Stickstoff (N), 0,6 Gramm Phosphorpentoxid (P_2O_5) und 3,6 Gramm Kaliumoxid (K_2O) benötigt werden. Der Verband Schweizerischer Gemüseproduzenten (VSGP) gibt an, dass bei Tomaten während einer Kulturperiode pro Hektar im Gewächshaus 170 Kilogramm N, 80 Kilogramm P_2O_5 und 340 Kilogramm K_2O verfügbar sein sollten (VSGP, 2008). In der vorliegenden Arbeit stand eine Fläche von 48 Quadratmeter zur Verfügung. Dementsprechend sollten für die ganze Fläche 816 Gramm N, 384 Gramm P_2O_5 und 1632 Gramm K_2O beziehungsweise pro einzelne Pflanze 5,44 Gramm N, 2,56 Gramm P_2O_5 und 10,88 Gramm K_2O verfügbar sein. Bei diesen Angaben sollte beachtet werden, dass es sich dabei wahrscheinlich um Empfehlungen für den kommerziellen Anbau mit ertragreichen Tomatensorten handelt. Für die in der vorliegenden Arbeit verwendete Topftomatensorte und unter Einbezug der kurzen Kulturzeit wird voraussichtlich eine tiefere Düngemenge benötigt. Der Gemüsebauversuchsbetrieb Bamberg liefert Daten zu den zu erwartenden Erträgen einiger Balkon- und Topftomatensorten. Man findet eine Ertragsangabe zur Sorte „Totem“. Für die genannte Sorte wird ein durchschnittlicher Gesamtertrag von 1,52 Kilogramm und ein Frühertrag von 0,27 Kilogramm angegeben (Gemüsebauversuchsbetrieb Bamberg, 2012). Im vorliegenden Versuch wird aufgrund dieser Angabe davon ausgegangen, dass zwischen 0,5 und 1 Kilogramm Tomaten geerntet werden können. Der Frühertrag sollte etwas höher ausfallen als in der Literatur angegeben, da es sich bei der verwendeten Sorte um einen Hybrid handelt und bei Versuchsende auch die grünen Früchte geerntet und für die Ertragserhebung miteinbezogen werden. Somit würde der Nährstoffbedarf pro Pflanze über die 15 Wochen maximal 2 Gramm N, 0,6 Gramm P_2O_5 und 3,6 Gramm K_2O betragen.

Die vier Substratvarianten von Ricoter und das Torfsubstrat mit Käferpellets, wurden mit AminoComplete und AminoBasic der Firma Andermatt Biocontrol AG gedüngt. AminoBasic

enthält 9 % organischen Stickstoff (Andermatt Biocontrol AG, 2018a). AminoComplete enthält 4 % organischen Stickstoff, 1 % Phosphor (P_2O_5) und 5 % Kalium (K_2O) (Andermatt Biocontrol AG, 2018b). Für die Düngung mit AminoComplete und AminoBasic wurde jeweils eine 1-prozentige Verdünnung hergestellt und anschliessend pro Düngegabe 0,5 Liter pro Topf gegossen. Dies entsprach jeweils 5 Milliliter Düngemittel pro Topf und Kultureinheit. Einzig für die TEFA-Variante wurde mit einer Calciumnitratlösung gedüngt, da diese Variante nach Angaben von Jonas Lécho von der Sorba-Absorber GmbH nur wenig bis gar keine nitrifizierenden Bakterien besitzt, um das in biologischen Düngemitteln vorhandene Ammonium zu Nitrat umzusetzen und somit pflanzenverfügbar zu machen. Das verwendete Calciumnitrat wurde so verdünnt, dass anteilmässig 5 % mineralischer Stickstoff zur Verfügung standen. Eine Zugabe von 10 Milliliter dieser Lösung entsprach dementsprechend einer Düngung von 500 Milligramm Stickstoff. Die verwendete Düngemenge wurde während der fortschreitenden Kulturzeit gemäss den Angaben von Jonas Lécho erhöht.

Abbildung 17 zeigt die bis Versuchsabschluss total vorhandene Stickstoffmenge pro Kultureinheit. Die detaillierten, wöchentlich zugegebenen Düngegaben pro Topf, sind in Tabelle 5 ersichtlich. Es gilt zu beachten, dass für die angegebenen Stickstoffmengen auch der als Ammonium vorhandene Stickstoff miteinberechnet wurde. Für die anschliessenden, im Ergebnis- und Diskussionsteil erläuterten Stickstoffmessungen im Substrat und Pflanzensaft wurde allerdings lediglich der Nitratanteil analysiert und anteilmässig in Stickstoff umgerechnet. Die Messwerte im Substrat und Pflanzensaft sind deshalb nur bedingt mit den nachfolgend aufgeführten Düngewerten diskutierbar.

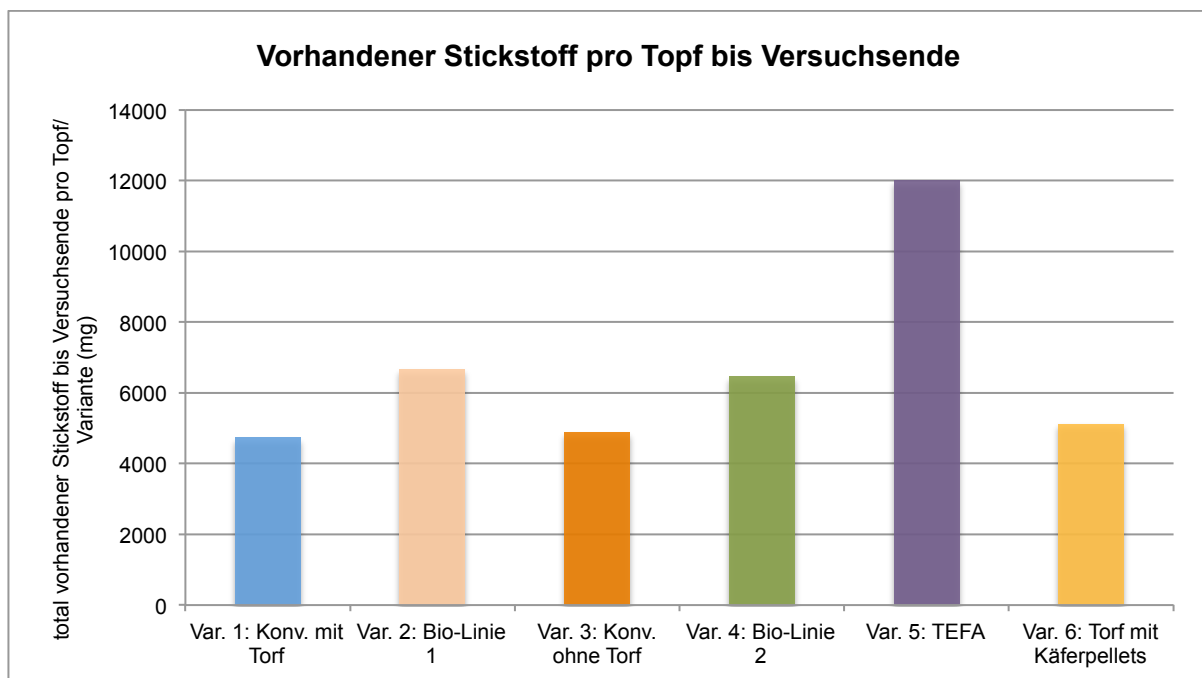


Abb. 17: Die total in jedem Topf vorhandenen Stickstoff-Mengen über die ganze Versuchszeit pro Variante im Überblick.

Tab. 5: Die zugeführten Mengen an Stickstoff (N), Phosphorpentoxid (P₂O₅) und Kaliumoxid (K₂O) pro Topf und Versuchswoche im Überblick.

Beschreibung	Abkürzung	Nährstoffgehalte in 5 l Ausgangssubstrat nach Herstellerangaben	Düngung Versuchswoche 1	Düngung Versuchswoche 2	Düngung Versuchswoche 3	Düngung Versuchswoche 4	Düngung Versuchswoche 5	Düngung Versuchswoche 6	Düngung Versuchswoche 7
Substrat 144: Weisstorf, Rindenkompost, Kokosfasern, Perlit	Var. 1: Konv. mit Torf	230 mg N, 710 mg P ₂ O ₅ , 1649 mg K ₂ O					5ml AminoComplete; entspricht 200mg org. N, 50mg P ₂ O ₅ , 250 mg K ₂ O	5ml AminoComplete; entspricht 200mg org. N, 50mg P ₂ O ₅ , 250 mg K ₂ O	5ml AminoComplete; entspricht 200mg org. N, 50mg P ₂ O ₅ , 250 mg K ₂ O
Substrat 127: Rindenkompost, Torfersatz Bio-Linie, Coco-Peat, Landerde	Var. 2: Bio-Linie 1	368 mg N, 533 mg P ₂ O ₅ , 2827 mg K ₂ O					5ml AminoComplete + 5ml AminoBasic; entspricht 650mg org. N, 50mg P ₂ O ₅ , 250 mg K ₂ O	5ml AminoComplete + 5ml AminoBasic; entspricht 650mg org. N, 50mg P ₂ O ₅ , 250 mg K ₂ O	5ml AminoComplete + 5ml AminoBasic; entspricht 650mg org. N, 50mg P ₂ O ₅ , 250 mg K ₂ O
Substrat 158: Coco-Peat, Rindenkompost, Holzfasern, Perlit, miner. Startdüngung	Var. 3: Konv. ohne Torf	385 mg N, 1598 mg P ₂ O ₅ , 3768 mg K ₂ O					5ml AminoComplete; entspricht 200mg org. N, 50mg P ₂ O ₅ , 250 mg K ₂ O	5ml AminoComplete; entspricht 200mg org. N, 50mg P ₂ O ₅ , 250 mg K ₂ O	5ml AminoComplete; entspricht 200mg org. N, 50mg P ₂ O ₅ , 250 mg K ₂ O
Substrat 165: Coco Peat, Torfersatz Bio-Linie, Rindenkompost, Perlit	Var. 4: Bio-Linie 2	158 mg N, 888 mg P ₂ O ₅ , 5181 mg K ₂ O					5ml AminoComplete + 5ml AminoBasic; entspricht 650mg org. N, 50mg P ₂ O ₅ , 250 mg K ₂ O	5ml AminoComplete + 5ml AminoBasic; entspricht 650mg org. N, 50mg P ₂ O ₅ , 250 mg K ₂ O	5ml AminoComplete + 5ml AminoBasic; entspricht 650mg org. N, 50mg P ₂ O ₅ , 250 mg K ₂ O
TEFA	Var. 5: TEFA	500 mg N (Stardüngung im Substrat), 2000mg P ₂ O ₅ , 5000 mg K ₂ O	10 ml Calcium-nitratlösung; entspricht 500 mg N	10 ml Calcium-nitratlösung;; entspricht 500 mg N	15 ml Calcium-nitratlösung; entspricht 750 mg N	15 ml Calcium-nitratlösung; entspricht 750 mg N	15 ml Calcium-nitratlösung; entspricht 750 mg N	15 ml Calcium-nitratlösung; entspricht 750 mg N	15 ml Calcium-nitratlösung; entspricht 750 mg N
Substrat 144 + 25 % Käferpellets	Var. 6: Torf mit Käferpellets	173 mg N, 956 mg P ₂ O ₅ , 3177 mg K ₂ O					5ml AminoComplete; entspricht 200mg org. N, 50mg P ₂ O ₅ , 250 mg K ₂ O	5ml AminoComplete; entspricht 200mg org. N, 50mg P ₂ O ₅ , 250 mg K ₂ O	5ml AminoComplete; entspricht 200mg org. N, 50mg P ₂ O ₅ , 250 mg K ₂ O

Beschreibung	Abkürzung	Düngung Versuchswoche 8	Düngung Versuchswoche 9	Düngung Versuchswoche 10	Düngung Versuchswoche 11	Düngung Versuchswoche 12	Düngung Versuchswoche 13	Düngung Versuchswoche 14	total vorhandene Nährstoffe pro Topf bis Versuchsende:
Substrat 144: Weisstorf, Rindenkompost, Kokosfasern, Perlit	Var. 1: Konv. mit Torf	5ml <i>AminoComplete</i> ; entspricht 200mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 450mg org. N	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	Stickstoff: 4730mg P₂O₅: 1115mg K₂O: 3849 mg
Substrat 127: Rindenkompost, Torfersatz Bio-Linie, Coco-Peat, Landerde	Var. 2: Bio-Linie 1	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 450mg org. N	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	Stickstoff: 6668mg P₂O₅: 983mg K₂O: 5077mg
Substrat 158: Coco-Peat, Rindenkompost, Holzfasern, Perlit, miner. Startdüngung	Var. 3: Konv. ohne Torf	5ml <i>AminoComplete</i> ; entspricht 200mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 450mg org. N	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	Stickstoff: 4885mg P₂O₅: 2048mg K₂O: 6018mg
Substrat 165: Coco-Peat, Torfersatz Bio-Linie, Rindenkompost, Perlit	Var. 4: Bio-Linie 2	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 450mg org. N	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	Stickstoff: 6458mg P₂O₅: 1338mg K₂O: 7431mg
TEFA	Var. 5: TEFA	15 ml Calciumnitratlösung; entspricht 750 mg N	20 ml Calciumnitratlösung; entspricht 1000 mg N	20 ml Calciumnitratlösung; entspricht 1000 mg N	20 ml Calciumnitratlösung; entspricht 1000 mg N	20 ml Calciumnitratlösung; entspricht 1000 mg N	20 ml Calciumnitratlösung; entspricht 1000 mg N	20 ml Calciumnitratlösung; entspricht 1000 mg N	Stickstoff: 12000mg P₂O₅: 2000mg K₂O: 5000mg
Substrat 144 + 25 % Käferpellets	Var. 6: Torf mit Käferpellets	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 450mg org. N	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	5ml <i>AminoComplete</i> + 5ml <i>AminoBasic</i> ; entspricht 650mg org. N, 50mg P2O5, 250 mg K2O	Stickstoff: 5123mg P₂O₅: 1406mg K₂O: 5427mg

3.11 Statistische Auswertungen

Die statistischen Auswertungen wurden mit Hilfe der Software RStudio durchgeführt. Aufgrund der grossen Datenmenge wurde jeweils nur verglichen, welche Endresultate der einzelnen Analysen und Varianten sich signifikant voneinander unterscheiden. Die einzelnen Werte wurden mittels ANOVA, Kruskal-Wallis-Test, One-Way-Test oder Games-Howell-Test verglichen. Als Signifikanzniveau wurde für alle statistischen Auswertungen ein Wert von $\alpha = 0,05$ gewählt. Die Nullhypothese besagt, dass kein signifikanter Unterschied der Mittelwerte vorliegt und tritt mit Werten in Kraft, die grösser als 0,05 sind. Die Alternativhypothese, dass ein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten besteht, wird angenommen, wenn p-Werte berechnet werden, die kleiner als 0,05 sind. Bei allen zu vergleichenden Daten wurde in einem ersten Durchgang eine ANOVA durchgeführt. Um die p-Werte der ANOVA verwenden zu dürfen, mussten die Daten nach der Varianzanalyse auf Normalverteilung (mittels Darstellung der ANOVA und Shapiro Wilk-Test) und Varianzhomogenität (mittels Bartlett-Test) überprüft werden. Falls die Normalverteilung und/oder die Varianzhomogenität der Daten nicht erfüllt wurde, wurde wie folgt weiter verfahren:

- Falls die Ergebnisse nicht normalverteilt waren, aber Varianzhomogenität aufwiesen oder weder normalverteilt waren noch Varianzhomogenität aufwiesen, wurde für die Überprüfung der p-Werte ein Kruskal-Wallis-Test durchgeführt.
- Falls die Ergebnisse normalverteilt waren aber keine Varianzhomogenität aufwiesen, wurde ein One-Way-Test und anschliessend ein Games-Howell-Test durchgeführt.

Das Skript, mit dem für die statistische Auswertung in RStudio gearbeitet wurde, ist im Anhang 1 zu finden. Zudem findet man im Anhang 2 die einzelnen p-Werte der statistischen Auswertungen.

4 Resultate

4.1 Messungen an der Kultur

Für die nachfolgenden Darstellungen und Erläuterungen wurden Durchschnittsmesswerte verwendet. Die Rohdaten findet man im Anhang 6 oder in der zugehörigen Excel-Datei „Rohdaten_BA_Ortner_2019.xlsx“.

4.1.1 Kulturhöhe

Abbildung 18 zeigt die durchschnittliche Zunahme der Kulturhöhe der einzelnen Varianten während der Versuchszeit. Bei der biologischen Variante 4 war bis Versuchswoche 7 das geringste Höhenwachstum festzustellen. Danach legte diese Variante stark an Höhe zu und bildete bis Versuchsabschluss zusammen mit der konventionellen Variante 3 die höchsten Pflanzen aus. Bei den beiden konventionellen Varianten 1 und 3 konnte in den ersten sieben Versuchswochen das stärkste Höhenwachstum festgestellt werden. Ab Versuchswoche 9 stoppte das vegetative Wachstum bei der Variante 5 (TEFA) fast komplett. Die Variante 6 zeigte in den ersten Versuchswochen ein ähnliches Wachstum wie die beiden konventionellen Varianten von Ricoter. Mit fortschreitender Versuchszeit nahm dieses aber verhältnismässig mehr ab und führte dazu, dass die Höhe dieser Variante bei Versuchsabschluss, zusammen mit der TEFA-Variante, am tiefsten lag (Abbildung 19). Deutlich signifikante Unterschiede konnten jedoch in erster Linie zur Variante 5 festgestellt werden. Alle Varianten, ausser die Variante 6, waren bei Versuchsabschluss signifikant höher als die TEFA-Variante (p-Werte = Var. 1-5: 0,02, Var. 2-5: 0,02, Var. 3-5: 0,004, Var. 4-5: 0,001). Zudem konnte zwischen der biologischen Variante 4 und der Variante 6 ein signifikanter Höhenunterschied festgestellt werden (p-Wert = 0,01).

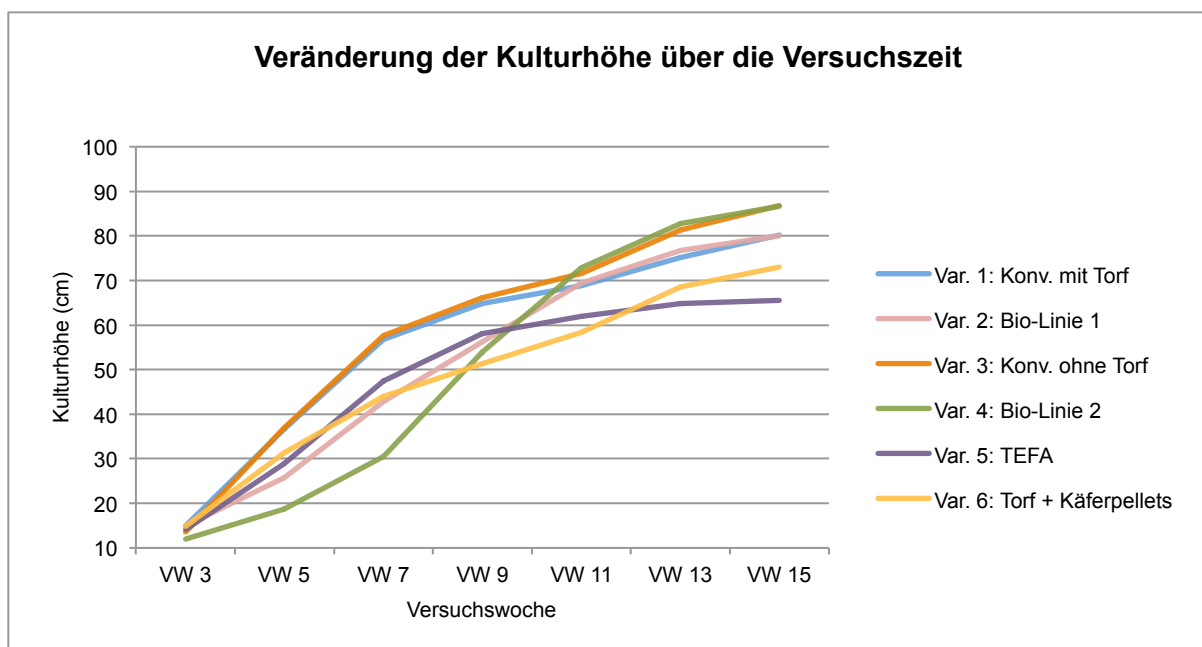


Abb. 18: Die Zunahme der Kulturhöhe während der Versuchszeit.

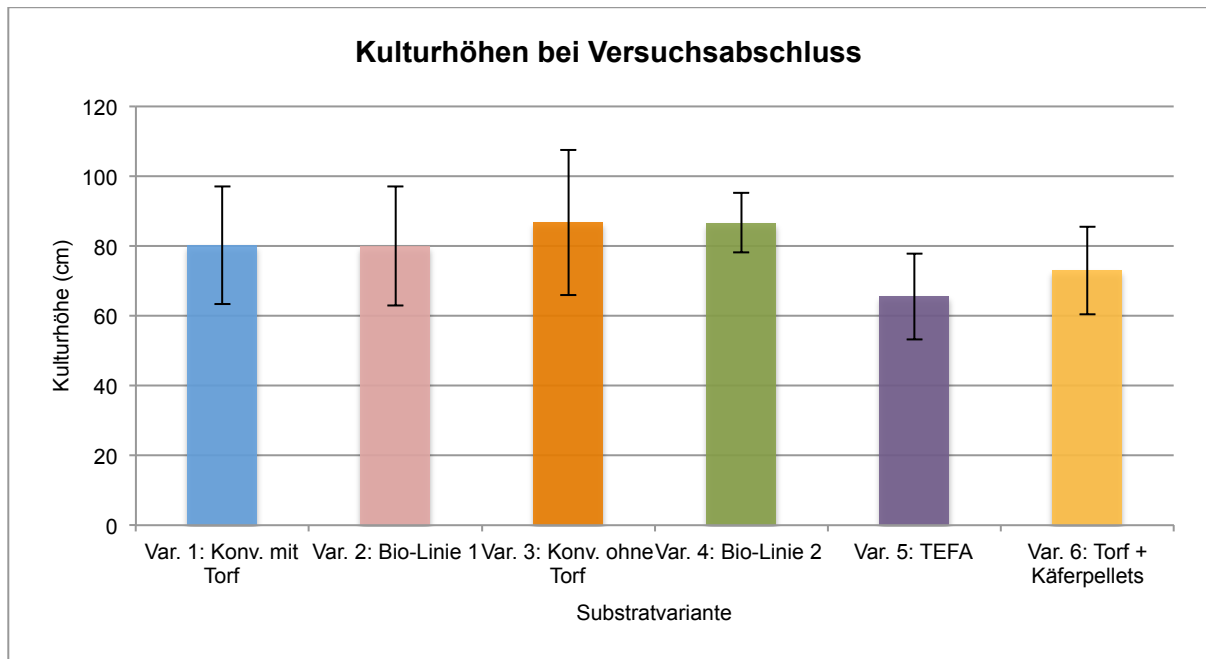


Abb. 19: Die durchschnittlichen Kulturhöhen bei Versuchsabschluss.

4.1.2 Durchmesser der Sprossachse

Betrachtet man die Abbildung 20, fällt auf, dass die beiden konventionellen Varianten von Ricoter eine dickere Sprossachse ausbildeten als die übrigen vier Varianten. Im Balkendiagramm der Abbildung 21, das nur die Endwerte der Messungen darstellt, erscheint der Unterschied weniger eindeutig. Auch statistisch betrachtet müssen diese Unterschiede relativiert werden, denn signifikant sind die Unterschiede bei Versuchsabschluss lediglich zwischen den Varianten 3 und 4 (p -Wert = 0,02), sowie den Varianten 3 und 5 (p -Wert = 0,004).

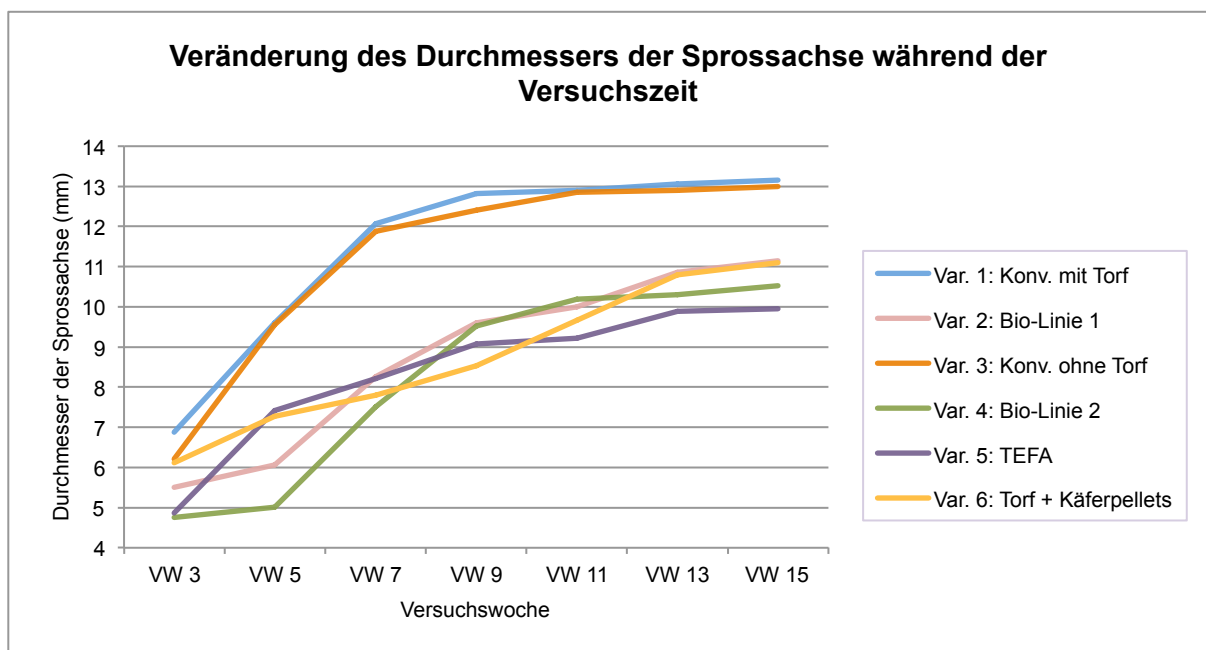


Abb. 20: Die Zunahme der Sprossdurchmesser während der Versuchszeit.

Der Sprossdurchmesser der Variante 1 weist bei Versuchsabschluss keine signifikanten Unterschiede zu den anderen Varianten auf. Dennoch ist deutlich erkennbar, dass diese Substratvariante gerade zu Beginn des Kulturversuches zu einem dickeren Spross beitrug als andere Substratvarianten.

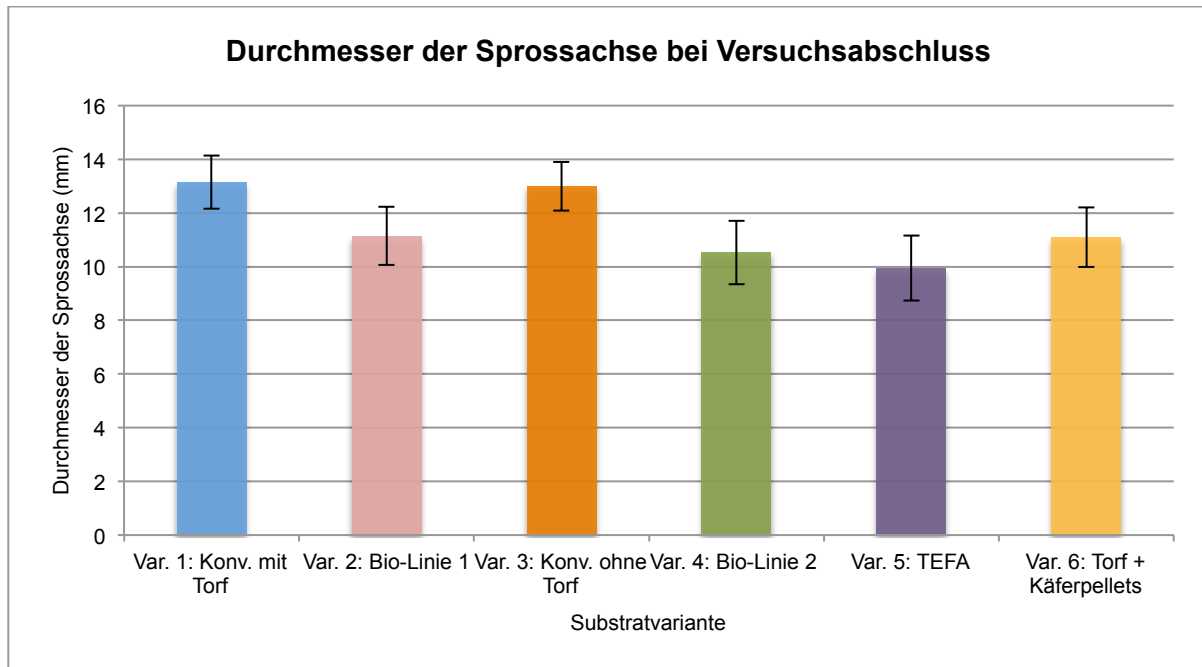


Abb. 21: Die durchschnittlichen Durchmesser der Sprossachsen bei Versuchsabschluss.

4.1.3 Chlorophyllanteil

Abbildung 22 zeigt die Veränderung der Chlorophyllanteile im Blatt während der Versuchszeit. Die Chlorophyllwerte der verschiedenen Varianten schwankten in den ersten Versuchswochen teilweise stark und näherten sich dann immer weiter an. Es ist zudem ersichtlich, dass bei den beiden biologischen Varianten in den ersten fünf Versuchswochen tiefere Chlorophyllwerte gemessen wurden als bei den konventionellen Varianten. Wie in Abbildung 23 ersichtlich, befanden sich die Werte zum gemessenen Chlorophyllanteil im Blatt bei Versuchsabschluss von fünf der insgesamt sechs untersuchten Varianten in einem ähnlichen Bereich. Trotzdem unterscheiden sich die Endmesswerte der Varianten 3 und 4 (p-Wert = 0,03), 1 und 6 (p-Wert = 0,02) sowie 4 und 6 (p-Wert = 0,001) signifikant voneinander. Bei der Variante 6, die grösstenteils aus TEFA bestand, nahmen die Chlorophyll-Werte in den letzten vier Versuchswochen stark ab. Die Unterschiede des Chlorophyllanteils der TEFA-Variante bei Versuchsabschluss im Vergleich zu den anderen Varianten sind alle deutlich signifikant (p-Werte = Var. 1-5: 2,37E-13, Var. 2-5: 1,56E-08, Var. 3-5: 2,37E-13, Var. 4-5: 2,37E-13, Var. 6-5: 2,37E-13).

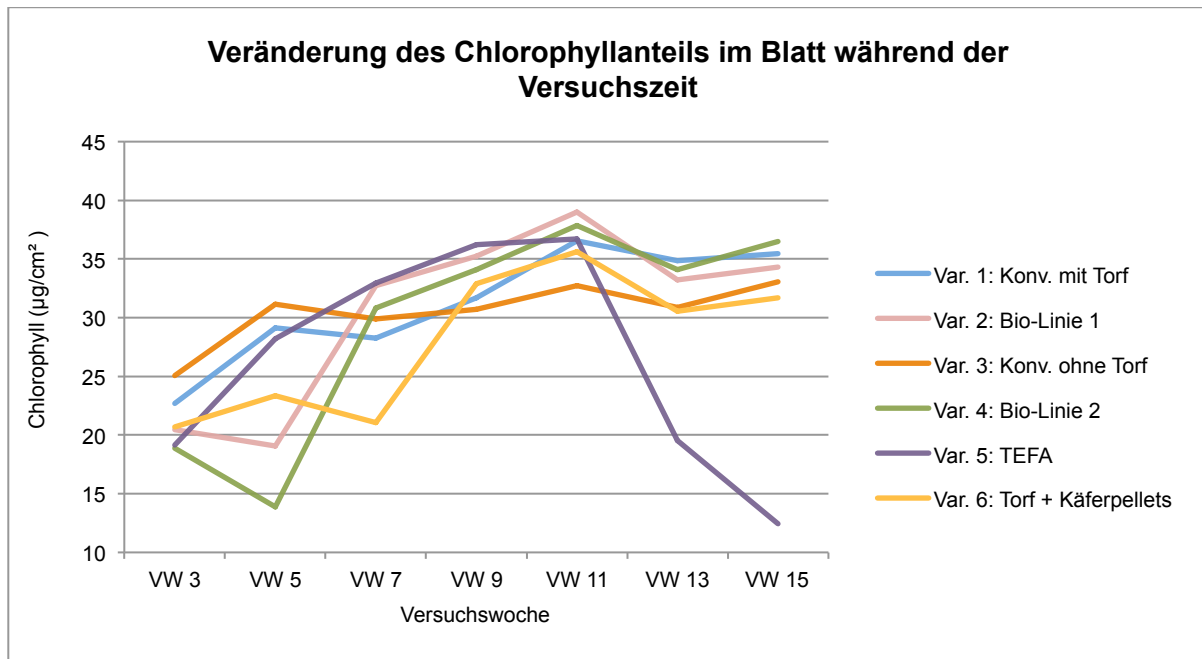


Abb. 22: Veränderung des Chlorophyllanteils im Blatt während der Versuchszeit.

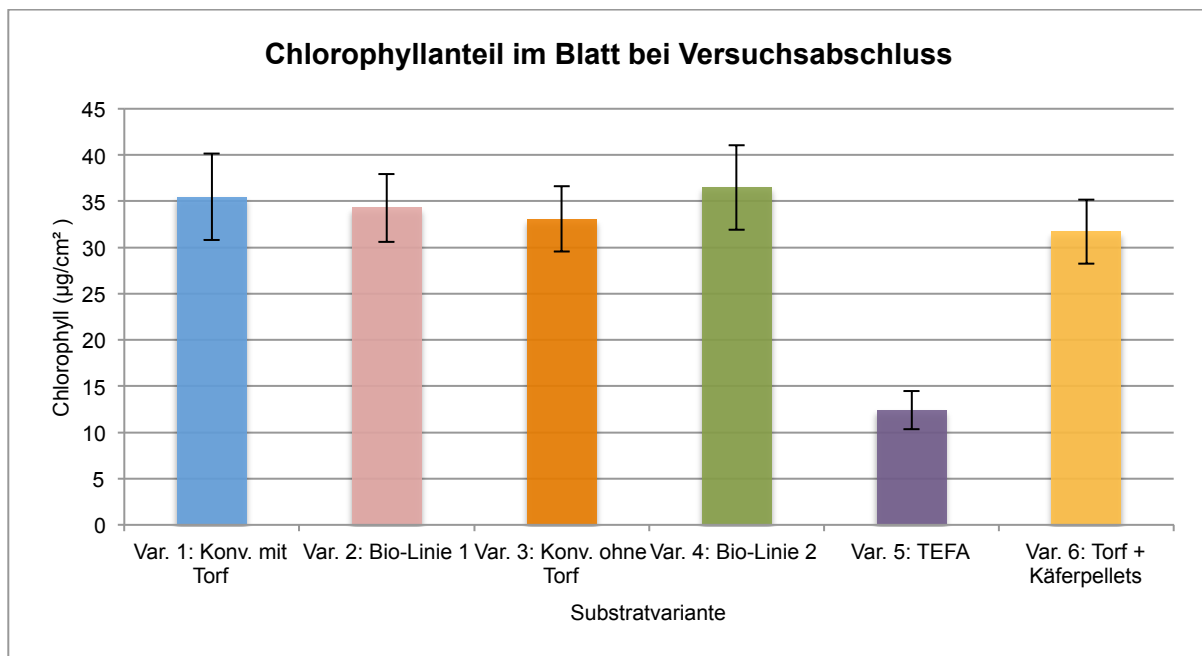


Abb. 23: Durchschnittliche Chlorophyllanteile im Blatt der einzelnen Varianten bei Versuchsabschluss.

4.1.4 Nitratstickstoffanteil ($\text{NO}_3\text{-N}$) im Pflanzensaft

Die Nitratstickstoffanteile im Pflanzensaft erhöhten sich zwischen den beiden Messtagen in Versuchswoche 9 und 15 teilweise massiv. Um eine einheitliche Darstellung aller Messwerte zu gewährleisten, wurden die gemessenen Nitratwerte für die Darstellung in $\text{NO}_3\text{-N}$ umgerechnet. In Abbildung 24 sind die Unterschiede aufgezeigt. Es fällt auf, dass die Konzentration an $\text{NO}_3\text{-N}$ im Pflanzensaft bei den beiden konventionellen Varianten von Ricoter und dem Torfsubstrat, dem Käferpellets beigemischt wurden, deutlich tiefer liegen als die Werte der beiden biologischen Varianten und den im TEFA-Substrat kultivierten Pflanzen. Bei den Va-

rianten 4 und 6 ist der $\text{NO}_3\text{-N}$ -Anteil zwischen den beiden Messtagen weniger angestiegen als bei den anderen Varianten.

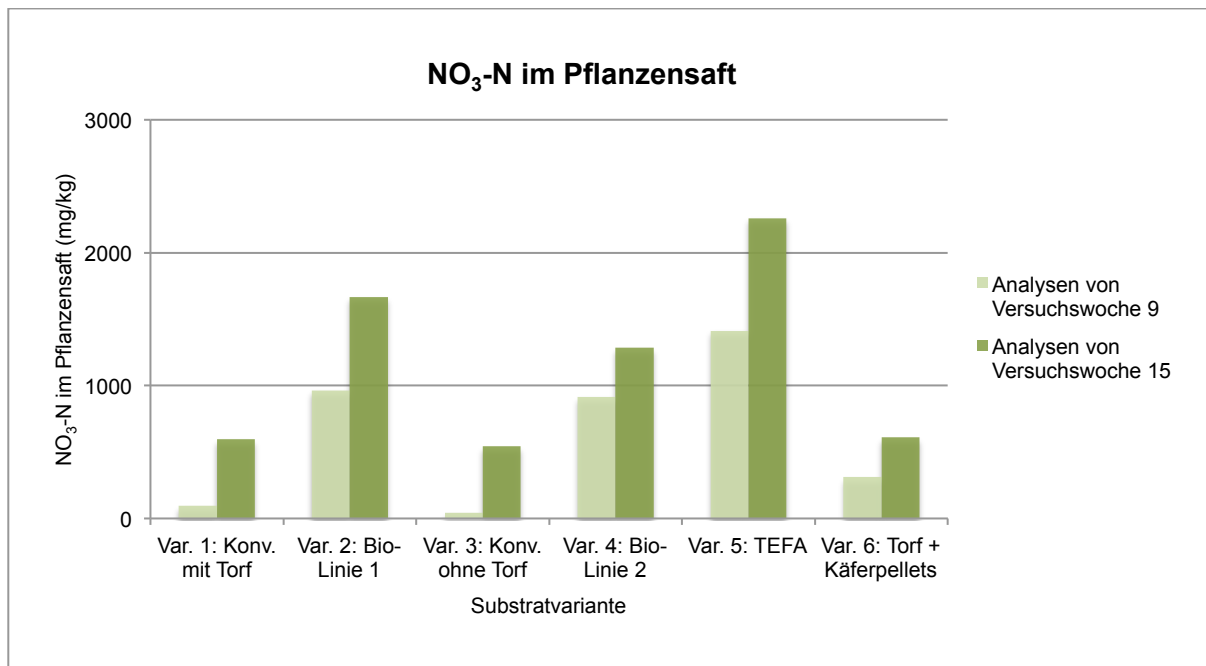


Abb. 24: Die gemessenen $\text{NO}_3\text{-N}$ -Anteile im Pflanzensaft der beiden Erhebungstage.

4.1.5 Blüten- und Fruchtbildung

Wie Abbildung 25 und 26 aufzeigen, sticht bei der Blütenbildung die Variante 6, das Torfsubstrat, dem 25 % Käferpellets beigemischt wurden, positiv heraus. Die auf diesem Substrat herangewachsenen Pflanzen bildeten bis Versuchsabschluss signifikant mehr Blüten aus als Pflanzen, die auf anderen Substraten kultiviert wurden (p-Werte = Var. 1-6: 0,00, Var. 2-6: 0,04, Var. 4-6: 0,04, Var. 5-6: 0,00). Lediglich beim Vergleich mit der Variante 3 konnte kein signifikanter Unterschied bezüglich der Blütenbildung festgestellt werden. In Abbildung 25 ist zudem ersichtlich, dass die beiden konventionellen Varianten 1 und 3, sobald die Blütenbildung einsetzte, mehr Blüten bildeten als die biologischen Varianten. Betrachtet man die total gebildeten Blüten bis Versuchsende, kann diesbezüglich kein signifikanter Unterschied zwischen den biologischen und konventionellen Substraten von Ricoter festgestellt werden. Neben den bereits erwähnten, deutlichen Unterschieden der Variante 6 zu den anderen Varianten, konnten Unterschiede bei den Varianten 2 und 3 festgestellt werden. Diese beiden Varianten bildeten signifikant mehr Blüten als die Variante 5 (TEFA) (p-Werte = Var. 2-5: 0,01, Var. 3-5: 0,003).

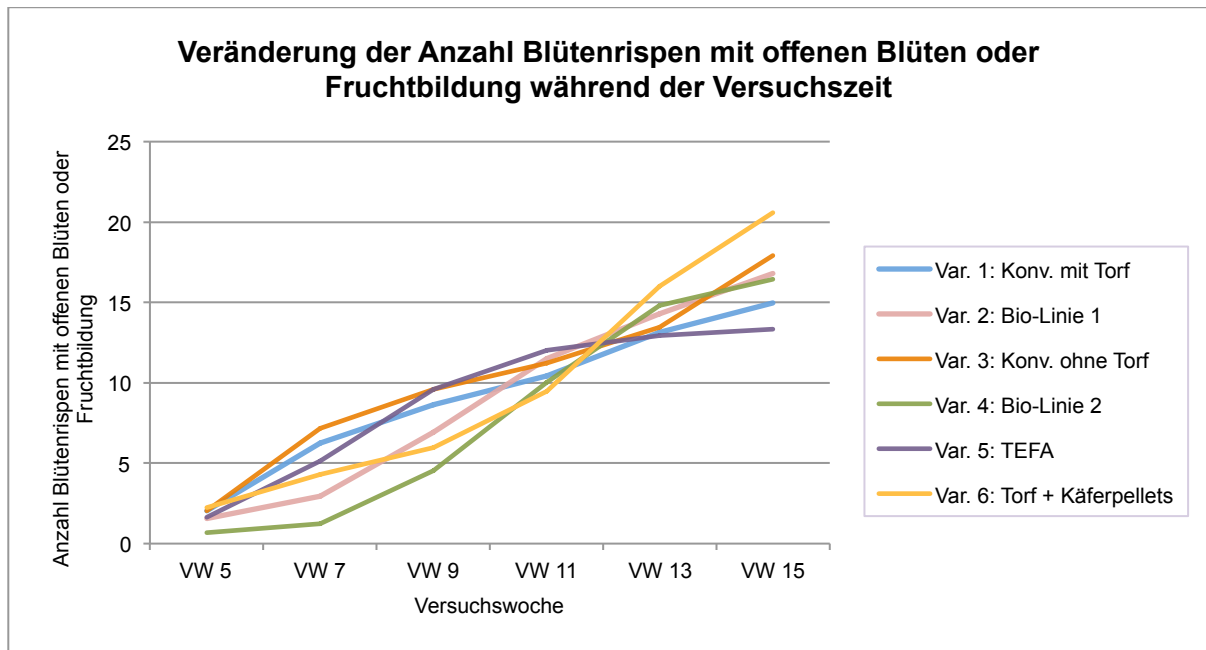


Abb. 25: Die Veränderung der Blüten- und Fruchtbildung der Varianten während der Versuchszeit.

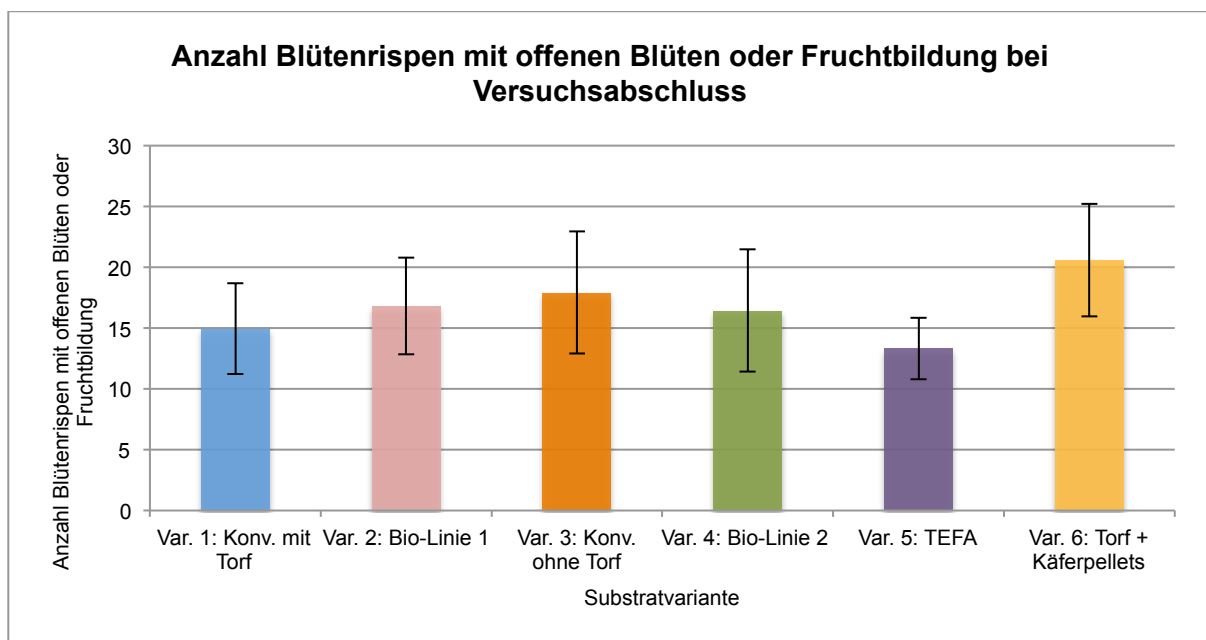


Abb. 26: Durchschnittliche Anzahl gebildeter Blüten pro Variante bei Versuchsabschluss.

4.1.6 Frühertrag

Abbildung 27 zeigt, dass der Frühertrag der einzelnen Pflanzen zwischen 600 und 1200 Gramm betrug – dementsprechend bildeten einige Pflanzen fast die doppelte Fruchtmasse aus als andere. Variante 3 sticht mit dem höchsten Durchschnittsertrag heraus, wobei Variante 5 den tiefsten Frühertrag lieferte. Signifikante Unterschiede konnten zwischen den Varianten 3 und 5 ($p\text{-Wert} = 0,004$), sowie zwischen Variante 3 und 4 ($p\text{-Wert} = 0,02$) festgestellt werden.

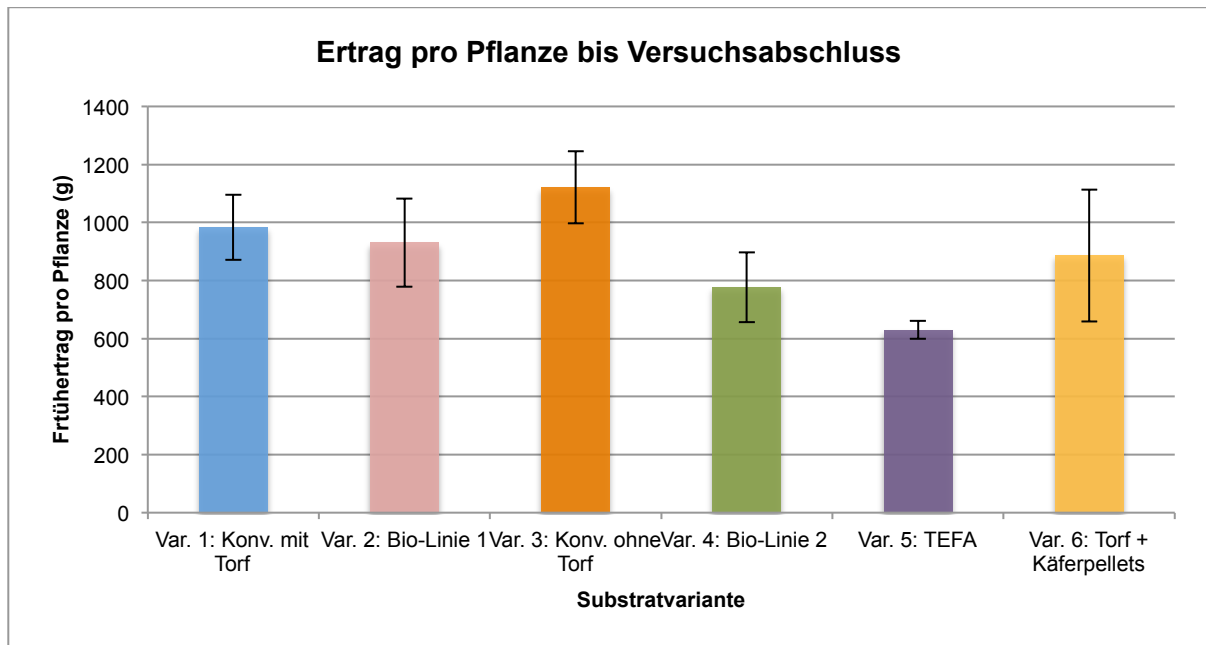


Abb. 27: Durchschnittlicher Ertrag pro Pflanze bis Versuchsabschluss.

4.1.7 Sprossmasse

Wie in Abbildung 28 ersichtlich, bildete die Pflanzen der Variante 5 mit Abstand am wenigsten Sprossmasse aus. Auch statistisch betrachtet, sind die Unterschiede deutlich signifikant (p-Werte = Var. 1-5: 2,55E-07, Var. 2-5: 7,58E-08, Var. 3-5: 4,24E-08, Var. 4-5: 7,58E-08, Var. 6-5: 2,11E-07). Zudem bildete Variante 1, die konventionelle Torfvariante, signifikant weniger Sprossmasse aus als die ebenfalls konventionelle Variante 3 (p-Wert = 0,005) und die biologische Variante 4 (p-Wert = 0,02) – beides Varianten, die kein Torf enthielten. Signifikante Unterschiede sind auch bei der Variante 6 festzustellen: Sie bildete weniger Sprossmasse aus als die biologische Variante 2 (p-Wert = 5,79E-05).

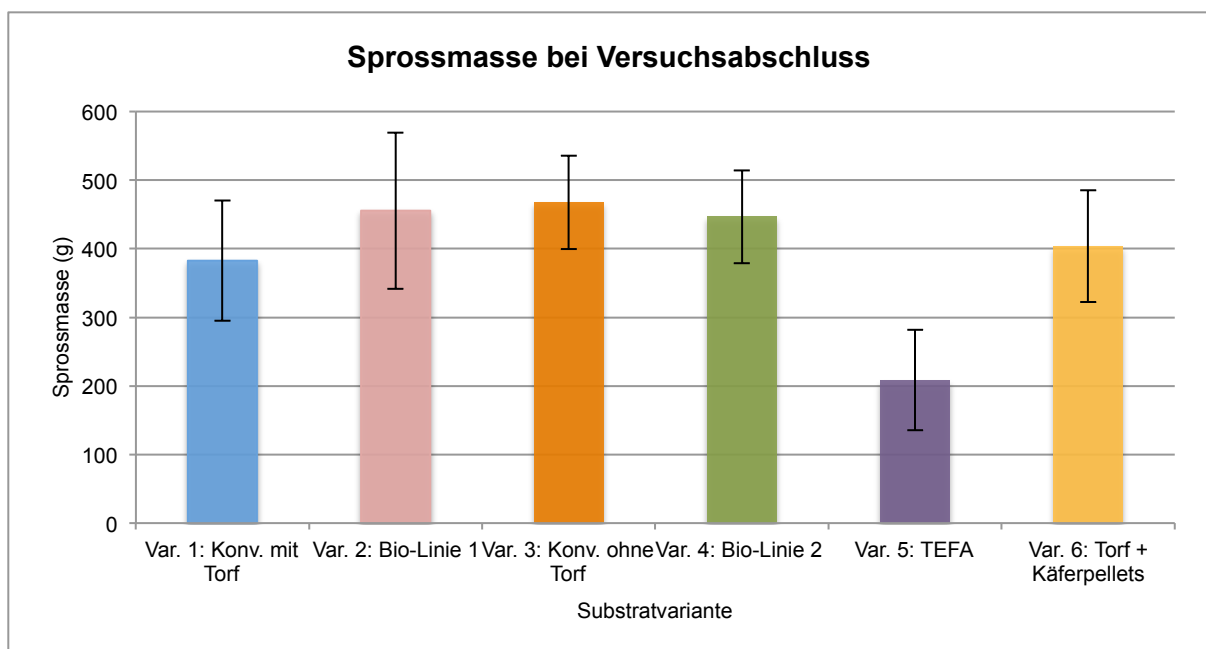


Abb. 28: Die durchschnittlich gebildete Sprossmasse der einzelnen Varianten pro Pflanze.

4.1.8 Wurzelbild

Die Abbildungen 29 bis 40 zeigen pro Substratvariante jeweils eine Seiten- und eine Bodenansicht der Wurzelbilder. Es fällt auf, dass die Variante 1 (Torfvariante) schwächer durchwachsen scheint als die übrigen Varianten. Die beiden biologischen Varianten 2 und 4 scheinen ähnlich stark durchwachsen zu sein, wobei die Variante 2 vermehrt dicke und die Variante 4 vermehrt dünne Wurzeln ausbildete. Die konventionellen Variante 3 und 6 scheinen ebenfalls gut durchwachsen zu sein und zeigen ein gesundes Wurzelbild. Die Variante 6 bildete zudem Wurzeln mit einheitlicheren Durchmessern aus als die Variante 3. Die Wurzeln der Variante 5 (TEFA) erscheinen bräunlich und leicht verfäult. Zudem erscheinen die Wurzeln dieser Variante dicker als diejenigen der anderen Varianten.



Abb. 29: Bodenansicht des Wurzelbildes der Variante 1 (Ortner, 2019).



Abb. 30: Seitenansicht des Wurzelbildes der Variante 1 (Ortner, 2019).



Abb. 31: Bodenansicht des Wurzelbildes der Variante 2 (Ortner, 2019).



Abb. 32: Seitenansicht des Wurzelbildes der Variante 2 (Ortner, 2019).



Abb. 33: Bodenansicht des Wurzelbildes der Variante 3 (Ortner, 2019).



Abb. 34: Seitenansicht des Wurzelbildes der Variante 3 (Ortner, 2019).



Abb. 35: Bodenansicht des Wurzelbildes der Variante 4 (Ortner, 2019).



Abb. 36: Seitenansicht des Wurzelbildes der Variante 4 (Ortner, 2019).



Abb. 37: Bodenansicht des Wurzelbildes der Variante 5 (Ortner, 2019).



Abb. 38: Seitenansicht des Wurzelbildes der Variante 5 (Ortner, 2019).



Abb. 39: Bodenansicht des Wurzelbildes der Variante 6 (Ortner, 2019).



Abb. 40: Seitenansicht des Wurzelbildes der Variante 6 (Ortner, 2019).

4.2 Substratanalysen

4.2.1 Nitratstickstoffanteil ($\text{NO}_3\text{-N}$)

Abbildung 41 und 42 zeigen die Entwicklungen der analysierten $\text{NO}_3\text{-N}$ -Werte im Substrat in mg/l. Es ist zu beachten, dass lediglich der Nitrat-Anteil analysiert und anschliessend in $\text{NO}_3\text{-N}$ umgerechnet wurde. Dementsprechend wurde beispielsweise der im Ammonium gebundene Stickstoff nicht miteinbezogen. Aufgrund der Übersichtlichkeit sind die Werte in zwei Grafiken mit verschiedenen Skalen, von 0 bis 300 beziehungsweise 0 bis 50 mg/l, abgebildet. Es fällt auf, dass die $\text{NO}_3\text{-N}$ -Werte der Variante 5 (TEFA) ab Versuchswoche 5 stark ansteigen und bei Versuchsende mehr als sechsmal so hohe Werte erzielten als die anderen Varianten. In Abbildung 42 ist ersichtlich, dass bei den beiden biologischen Varianten 2 und 4 ab Versuchswoche 5 ein deutlicher Anstieg des $\text{NO}_3\text{-N}$ -Anteils zu verzeichnen war. Bei den konventionellen Varianten 1, 3 und 6 ist dieser Anstieg erst ab Versuchswoche 9 ersichtlich. Die Werte der Varianten 3 und 6 fielen in den letzten beiden Versuchswochen wieder auf einen tieferen Wert zurück, wobei die Werte der Variante 1 bis Versuchsabschluss relativ konstant anstiegen.

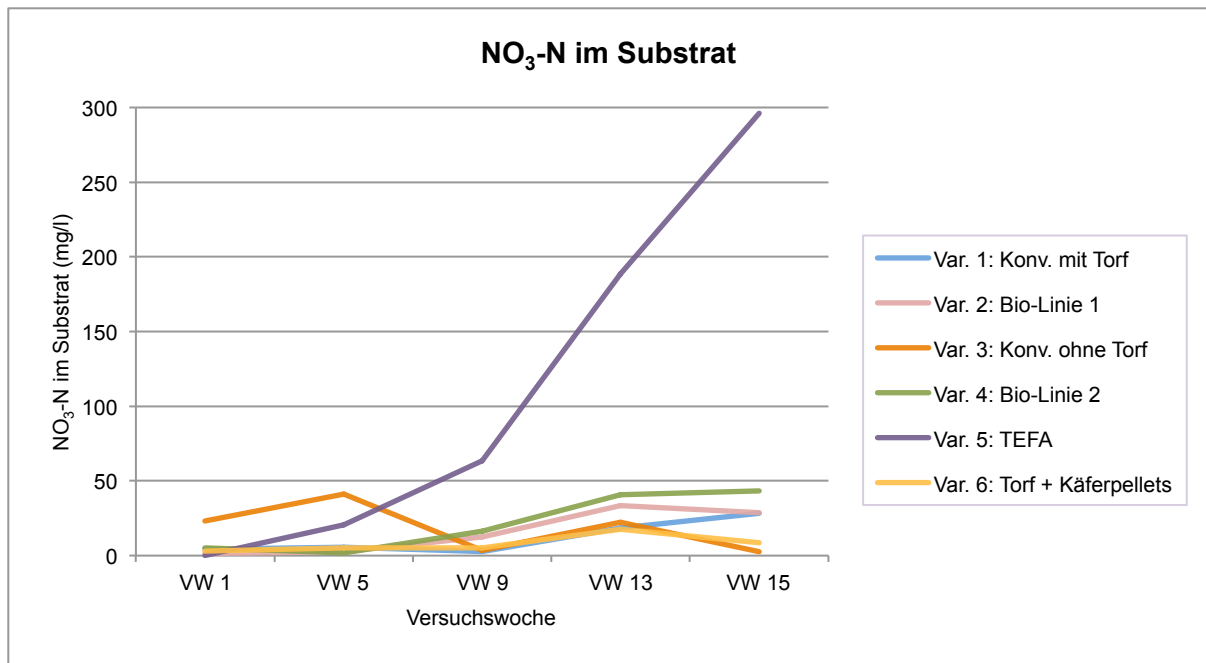


Abb. 41: Veränderung der NO₃-N-Anteile in den Substraten in einer Skala von 0 bis 300 mg/l.

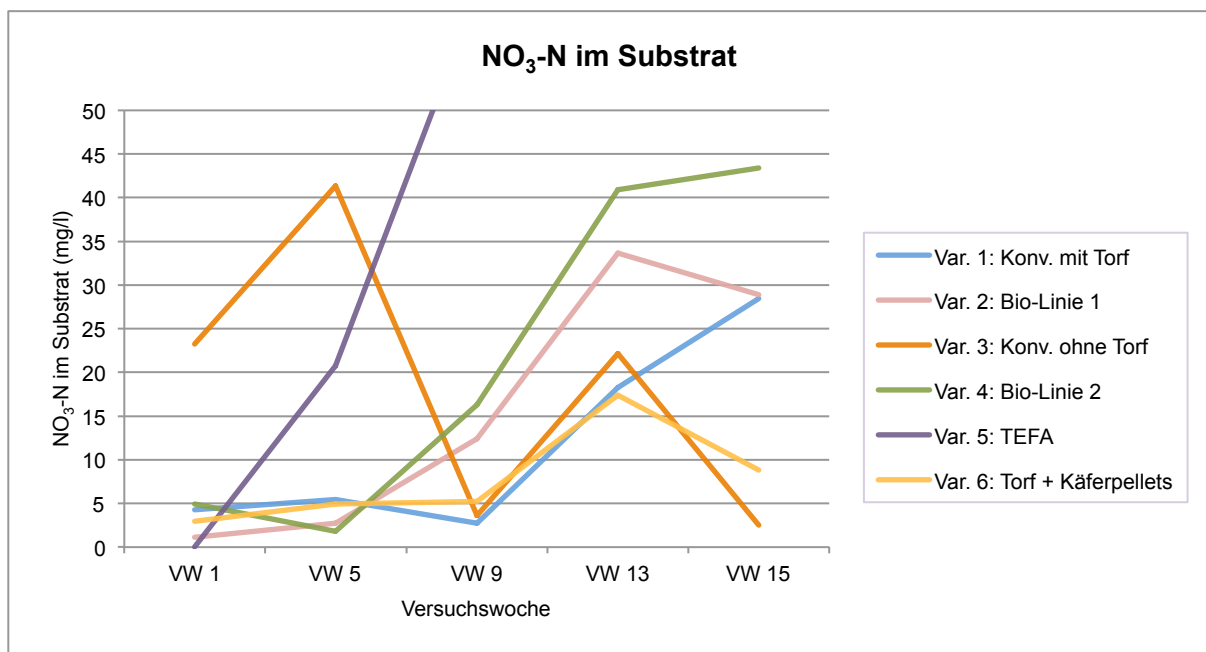


Abb. 42: Veränderung der NO₃-N-Anteile in den Substraten in einer Skala von 0 bis 50 mg/l.

4.2.2 pH-Wert

Abbildung 43 zeigt die Veränderung der pH-Werte in den einzelnen Substraten. Die Torfvariante zeigte über die ganze Versuchszeit den tiefsten pH-Wert und dieser verhielt sich über die 15 Wochen zudem am stabilsten. Etwas höher liegt der pH-Wert der Torfvariante, welcher Käferpellets beigemischt wurden (Variante 6). Es fällt aber auf, dass der anfänglich fast neutrale pH-Wert schon nach einem Monat wieder tief lag. Auch bei einer biologischen Substratvariante von Ricoter (Variante 4) nahm der pH-Wert mit fortschreitender Versuchszeit

stark ab. Der anfänglich schwach basische pH-Wert betrug nach acht Wochen Versuchszeit nur noch 6,83 und nach 12 Wochen lag er sogar bei 5,71. Die zweite biologische Variante (Variante 2) hielt sich relativ stabil: der anfängliche pH-Wert von 7,09 stieg zwar während einigen Wochen an, fiel dann aber wieder in den neutralen Bereich zurück. Auch Variante 3 lag bei Versuchsbeginn im neutralen Bereich und bei Versuchsende wurde ein ähnlicher Wert gemessen. Während der Versuchszeit sank der pH-Wert jedoch auf fast 6,0, woraufhin er wieder anstieg. Einzig bei der TEFA-Variante wurde über die ganze Versuchszeit eine Erhöhung des pH-Wertes festgestellt. Der anfängliche pH-Wert von 6,49 erhöhte sich bis zum Abschluss des Versuches auf einen Wert von 7,70.

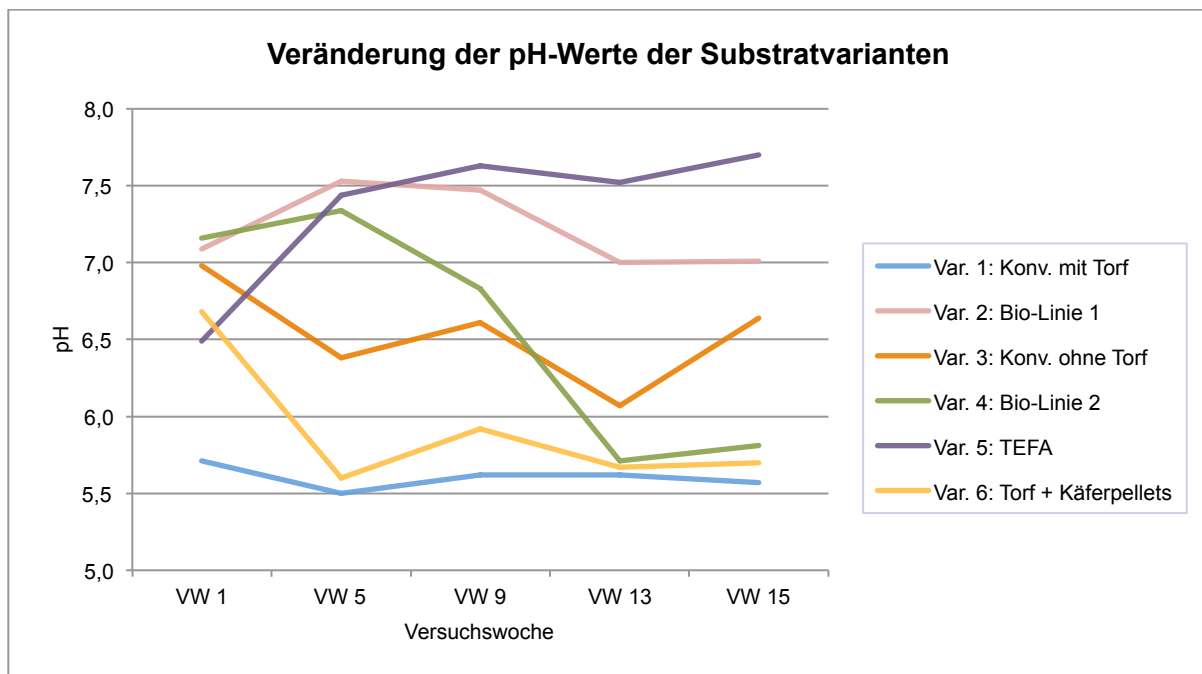


Abb. 43: Veränderungen der pH-Werte der einzelnen Substratvarianten während der Versuchszeit.

4.2.3 Leitfähigkeit (EC-Wert)

Die gemessenen Leitfähigkeiten in den Substraten lagen mit Werten zwischen ungefähr 0,3 und 0,6 mS/cm bei Versuchsbeginn mit Ausnahme der Substratvarianten 3 und 5 nahe beieinander. Abbildung 44 zeigt den Verlauf der EC-Werte der einzelnen Varianten während der Versuchszeit. Bei den beiden konventionellen Substraten 3 und 5 wurden Anfangswerte von 1,3 beziehungsweise 1,6 mS/cm gemessen. Bei diesen beiden konventionellen Substratvarianten ohne Torf fiel der EC-Wert nach 1 bis 2 Monaten ebenfalls auf einen ähnlichen Wert wie derjenige der anderen Varianten zurück. Der Wert von Variante 5 (TEFA) stieg dann aber stark an und betrug bei Versuchsabschluss knapp über 2 mS/cm. Variante 3 pendelte sich bei ungefähr 0,6 bis 0,7 mS/cm ein. Bei den übrigen vier Varianten gab es bezüglich des gemessenen EC-Wertes während der Versuchszeit keine bedeutsamen Veränderungen. Variante 1 lag bis kurz vor Versuchsabschluss mit ca. 0,5 mS/cm am tiefsten und während

der gesamten Versuchszeit nahe neben Variante 6. Die beiden biologischen Varianten 2 und 6 bewegten sich in einem Bereich von 0,55 und 0,85 mS/cm.

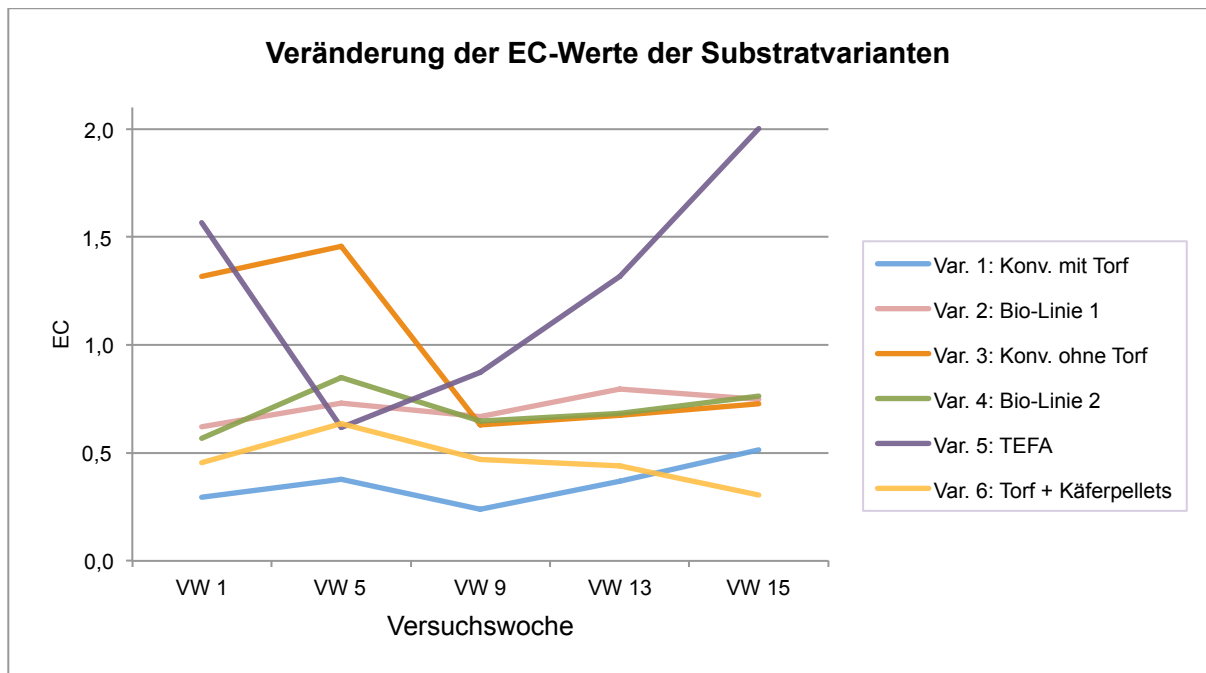


Abb. 44: Veränderung der EC-Werte der einzelnen Substratvarianten während der Versuchszeit.

5 Diskussion

5.1 Versuchsbeginn (Versuchswochen 1 bis 4)

Dass die Versuchspflanzen unterschiedlich auf die Eigenschaften der verschiedenen Substrate reagieren würden, zeichnete sich bereits nach zwei Wochen Versuchszeit ab. In Tabelle 5 ist ersichtlich, dass in den ersten Versuchswochen lediglich die Variante 5 (TEFA) gedüngt wurde, um die Nährstoffzufuhr individuell gemäss der Entwicklung der einzelnen Pflanzen anpassen zu können. Bereits nach zwei Versuchswochen schienen die beiden biologisch geführten Varianten optisch aber kleiner und weniger vital als die konventionellen Varianten von Ricoter. Ein Grund für die erhöhten Stickstoffbedürfnisse der biologischen Substrate dürfte der Abwesenheit von Torf zuzuschreiben sein. Dass die torffreie Variante 3 weniger schnell Anzeichen von Stickstoff-Mangel aufwies, ist dadurch zu erklären, dass diese Substratmischung als einzige Variante eine mineralische Startdüngung enthielt und dadurch bei Versuchsstart ausreichend pflanzenverfügbarer Stickstoff vorhanden war. Obwohl im Ausgangssubstrat der biologischen Variante 2 von Ricoter ähnliche Stickstoff-Konzentrationen gemessen wurden muss beachtet werden, dass dieser vermutlich nicht vollständig als Nitrat vorlag und dementsprechend noch nicht durch die Pflanzen aufgenommen werden konnte (siehe Tabelle 5). Ricoter analysierte nach Flugschrift 113 den Gesamtstickstoff, wo auch das oftmals in biologischen Substraten vorkommende Ammonium mitanalysiert wird (Gysi et al., 1995).

Die unterschiedlichen Anzeichen von Stickstoffmangel zeigten sich in den ersten Wochen auch bei der Chlorophyllassimilation in den Blättern, die in Abbildung 22 ersichtlich ist. In der dritten Versuchswoche lagen die Chlorophyllwerte der einzelnen Varianten zwar noch relativ nahe beieinander; trotzdem zeichnete sich bereits ab, dass die beiden biologischen Varianten zu diesem Zeitpunkt weniger Chlorophyll produzierten als die konventionellen. In der fünften Versuchswoche wurde der Unterschied deutlich sichtbar. Bei den beiden biologischen Varianten konnte starker Stickstoffmangel beobachtet werden. Auch bei den Höhen- und Sprossdurchmesser-Erhebungen war erkennbar, dass die Variante 1 und 3 schneller an Masse zugelegt hatten als die biologischen Varianten 2 und 4 (siehe Abbildung 18 und 20). Interessanterweise ergaben die Stickstoffanalysen der einzelnen Substrate in der Versuchswoche 5 sowohl bei den beiden biologischen Varianten 2 und 4 als auch bei den Torfvarianten 1 und 6 einen ähnlich tiefen Messwert. Die Varianten 5 (TEFA) und 3 (Konventionell ohne Torf) ergaben deutlich höhere Stickstoffmesswerte in den Substraten. Dass die beiden Torfvarianten trotz tiefen Stickstoffwerten in den Substraten nach fünf Wochen deutlich vitaler wirkten als die biologischen, könnte durch die positiven Substrateigenschaften von Torf begründet werden, die in den Kapiteln 2.1 und 3.2.1 beschrieben wurden. Obwohl Torf sel-

ber nährstoffarm ist, begünstigt er durch seine hohe Wasser- und Luftkapazität das Pflanzenwachstum. Zudem besteht die Möglichkeit, dass durch die Anwesenheit von Torf in der Variante 1, der dort ebenfalls als Substratkomponente eingesetzte Rindenkompost besser verwendet werden konnte als etwa bei den Varianten 2 und 4. Hinzu kommt, dass die Substratvariante 1 neben Torf als einzige Substratmischung von Ricoter auch Kokosfasern enthielt. Die Vorteile von Kokosfasern wurden bereits von Meerow (1994) untersucht (siehe Kapitel 2.3). Die damaligen Untersuchungen ergaben, dass das Wachstum der Pflanzen in den Varianten mit Kokosfasern signifikant besser ausfiel als bei denjenigen mit Torf. Dies weist darauf hin, dass sich Kokosfasern, obwohl diese (wie in Kapitel 3.2.3 beschrieben) aus dem gleichen Ausgangsmaterial hergestellt werden wie Coco-Peat, als Substratkomponente für den Anbau von Topftomaten besser eignen als das in den biologischen Varianten verwendete Coco-Peat. Es könnte durchaus sein, dass die längeren Kokosfasern den Wasser- und Lufthaushalt im Substrat begünstigen.

5.2 Versuchswochen 5 bis 9

Aufgrund der oben genannten Beobachtungen wurde die Düngung ab Versuchswoche 5 bei den beiden biologischen Varianten höher angesetzt als bei den konventionellen Varianten – sie erhielten durch die zusätzliche Zugabe von AminoBasic in den darauffolgenden vier Wochen wöchentlich fast dreimal so viel organischen Stickstoff wie die anderen Varianten.

Hierbei muss beachtet werden, dass die von Ricoter angegebenen Stickstoffwerte im Ausgangssubstrat bei der Variante 4 (siehe Tabelle 5) deutlich tiefer lagen als bei den anderen Varianten. Dadurch zeigte diese Variante schon früh Anzeichen von Stickstoffmangel. Wie in Abbildung 42 ersichtlich, konnten die an der ZHAW bei Versuchsbeginn durchgeführten Substratanalysen auf Nitratstickstoff diese Angaben nicht bestätigen. Lediglich die Nitratwerte der Variante 3 lagen, aufgrund der zugeführten mineralischen Startdüngung, deutlich höher als jene der Variante 4. Auch hier liegt die Erklärung wahrscheinlich wiederum im Umstand, dass in den Analysen von Ricoter neben Nitrat auch Ammonium mitanalysiert wurde. Zudem wurde auch in den in Kapitel 2.3 erläuterten Zwischenergebnissen des immer noch laufenden BAFU-Projektes festgehalten, dass torffreie Substrate für eine vergleichbare Effizienz wie Torfsubstrate eine erhöhte Stickstoffdüngung benötigen.

Überraschenderweise zeigten sich die positiven Auswirkungen der zugeführten organischen Düngung schon sehr bald. Es wurde erwartet, dass es einige Wochen dauern würde, bis das zugegebene Ammonium in pflanzenverfügbares Nitrat umgesetzt worden würde. Die Chlorophyllanteile in den Blättern der biologischen Varianten 2 und 4 verdoppelten sich jedoch bereits in den Versuchswochen 5 bis 7 und die Messwerte lagen anschliessend sogar höher als diejenigen der konventionellen Varianten von Ricoter (siehe Abbildung 22). Wie Abbildung 18 zeigt, nahm auch das Höhenwachstum der biologischen Varianten deutlich zu, auch wenn die konventionellen Varianten von Ricoter zu diesem Zeitpunkt schon einen deutlichen Vor-

sprung aufweisen konnten. Analog dazu entwickelte sich der Durchmesser der Sprossachse bei den biologischen Varianten fortan schneller als in den vorherigen Versuchswochen (siehe Abbildung 20). Bereits zu diesem Zeitpunkt wurde deutlich, dass die Düngung einen starken Einfluss auf die Gesundheit und das Wachstum der Versuchspflanzen hatte. Einen Einfluss auf die schnelle Umsetzung des in den organischen Düngern vorhandenen Ammoniums hatten sicher die erhöhten Temperaturen in Versuchswoche 6 und 7, die massgeblich zur Förderung der Nitrifikation beitrugen (siehe Tabelle 4).

Ab Versuchswoche 5 begannen die ersten Pflanzen mit der Blütenbildung. Es konnte, wie in Abbildung 25 ersichtlich, festgestellt werden, dass die beiden biologischen Varianten zu diesem Zeitpunkt weniger offene Blüten trugen als die konventionellen. Eine Erklärung hierfür könnte in den bei Versuchsbeginn vorhandenen P_2O_5 -Anteilen in den Ausgangssubstraten liegen. Bei den Varianten 3, 5 und 6 wurden deutlich höhere Messwerte als bei den übrigen Varianten angezeigt (siehe Tabelle 5). Erstaunlich ist, dass auch die Variante 1 mit Torf früher mit der Blütenbildung begann, obwohl die Analysen ähnlich tiefe P_2O_5 -Messwerte aufzeigen wie diejenigen der beiden biologischen Varianten. Die Torfvariante scheint, zumindest zu Beginn der Blütenbildung, positive Substrateigenschaften für die Bildung von Blüten nutzen zu können, die über den im Substrat vorhandenen Anteil an Phosphor hinausgehen.

Da bei den Varianten 1 bis 4 spätestens ab Versuchswoche 7 keine Mangelerscheinungen mehr beobachtet werden konnten, wurde entschieden, mit den bis dahin zugeführten Düngemengen fortzufahren. Auch die TEFA-Variante, die als einzige Variante mineralisch mit Calciumnitrat gedüngt wurde, wirkte zu diesem Zeitpunkt mit der wöchentlichen Düngegabe von 750 Milligramm NO_3-N pro Topf ausreichend mit Stickstoff versorgt, weshalb auch hier auf eine Anpassung der Düngegabe verzichtet wurde. Bei der Variante 6, dem Torfsubstrat mit 25 % Käferpellets, traten erst ab Versuchswoche 5 Stickstoffmangelerscheinungen auf. Da sich diese in den zwei darauffolgenden Wochen verstärkten, wurde ab Versuchswoche 7 auch bei dieser Variante zusätzlich mit AminoBasic gedüngt. Dass die Variante 5, bedingt durch die Zugabe von 25 % Käferpellets, stärkeren Stickstoffmangel aufwies als die Torfvariante, ist wahrscheinlich damit zu erklären, dass in den Käferpellets eine hohe Zahl an stickstofffixierenden Bakterien vorhanden war, wodurch den Pflanzen weniger Stickstoff direkt zur Verfügung stand.

Während die Blütenbildung bei den konventionellen Varianten 1 und 3 ab Versuchswoche 7 weniger schnell voranschritt als zu Beginn, war ab diesem Zeitpunkt bei den übrigen Varianten (mit Ausnahme der Variante 6) eine schnellere Blütenbildung als bis anhin zu beobachten. In der Versuchswoche 12 trugen alle Varianten eine vergleichbare Anzahl an offenen Blüten oder Fruchtsätzen. Bemerkenswerterweise konnte nicht beobachtet werden, dass die beiden biologischen Varianten ab der Versuchswoche 7, bedingt durch die erhöhte Blütenbildung, weniger Energie ins vegetative Wachstum investierten: Die Abbildungen 18 und

25 zeigen auf, dass die biologischen Varianten während dieser Zeitperiode sowohl beim vegetativen als auch beim generativen Wachstum zulegen.

5.3 Versuchswochen 9 bis 13

Zwei Wochen später, in Versuchswoche 9, zeigten auch die beiden konventionellen Varianten Anzeichen von Stickstoffmangel. Bei der Variante 3 war dieser ausgeprägter als beim Torfsubstrat. Die Substrateigenschaften des in der Variante 1 vorhandenen Torfs hatten mittlerweile scheinbar einen positiveren Effekt auf die Pflanzengesundheit als die in der Variante 3 vorhandene Startdüngung. Diese wurde inzwischen vollständig durch die Kultur aufgenommen. Die in dieser Woche analysierten $\text{NO}_3\text{-N}$ -Werte im Substrat (siehe Abbildung 42) lagen bei den konventionellen Varianten 1 und 3 aufgrund der niedrigeren Düngegabe deutlich tiefer als diejenigen der biologischen Varianten. Die in dieser Woche das erste Mal durchgeführte Analysen zum $\text{NO}_3\text{-N}$ -Anteil im Pflanzensaft (siehe Abbildung 24) zeigten zudem, dass die Nitratstickstoffmesswerte der biologischen Varianten auch hier deutlich höher lagen. Deshalb wurde die Düngung der konventionellen Substrate neu ebenfalls mit AminoBasic ergänzt, sodass allen Varianten, mit Ausnahme der mineralisch gedüngten TEFA-Variante, ab Versuchswoche 9 die gleichen Nährstoffmengen zugeführt wurden. Die Chlorophyllanteile im Blatt pendelten sich danach bei allen Varianten (ausser dem TEFA-Substrat) im Bereich von 30 bis 40 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ein. Diese Endmesswerte liegen etwas höher als die von Arenas et al. (2002) analysierten Chlorophyllmesswerte (siehe Tabelle 2). Diese Forschungsgruppe schloss ihre Untersuchungen jedoch bereits nach sechswöchiger Versuchszeit ab. Betrachtet man die in dieser Arbeit analysierten Chlorophyllmesswerte nach 6 Wochen in Abbildung 22, wird deutlich, dass diese ebenfalls tiefer ausfielen als bei Versuchsende nach 15 Wochen. Dass die Werte in der vorliegenden Arbeit stärker schwankten als bei Arenas et al. (2002) kann durch die unterschiedlicheren Substratvarianten und Düngegaben erklärt werden.

Spätestens ab Versuchswoche 9 wurde deutlich, dass die konventionellen Varianten 1 und 3 dickere Sprossachsen ausgebildet hatten als die übrigen Varianten (siehe Abbildung 20). Während bei diesen beiden konventionellen Varianten das Breitenwachstum des Sprosses fortan praktisch einstellte, schwoll der Spross der übrigen Varianten noch um 1 bis 2 Millimeter an. Bei Versuchsabschluss waren aber lediglich zwischen den Varianten 3 und 4 sowie 3 und 5 signifikante Unterschiede festzustellen. Der Unterschied zwischen den Varianten 3 und 4 kann durch die bei Versuchsbeginn tiefere Stickstoffverfügbarkeit für die Pflanzen der Variante 4 erklärt werden. Betrachtet man die Zusammensetzung dieser beiden Substratmischungen in Tabelle 3 fällt auf, dass sie bis auf die in Variante 3 enthaltene Startdüngung beziehungsweise dem tiefen Anteil an Gartenkompost in der Variante 4, aus den gleichen Komponenten bestehen. Der Kompostanteil der Variante 4 scheint aber deutlich weniger Nährstoffe freisetzen zu können als die mineralische Startdüngung. Ein höherer Anteil an

Gartenkompost oder die Zugabe eines effektiveren organischen Düngemittels, könnte diesem Effekt bei der Planung zukünftiger Substratmischungen entgegenwirken.

Wie in Abbildung 22 ersichtlich, nimmt der Chlorophyllanteil im Blatt bei der Variante 5 (TEFA) ab Versuchswoche 11 stark ab. Gleichzeitig ist ein abrupter Stopp des vegetativen (Höhe und Sprossdurchmesser, Abbildung 18 und 20) und generativen (Blüten- und Fruchtbildung, Abbildung 25) Wachstums zu beobachten. Nach der Analyse des $\text{NO}_3\text{-N}$ -Anteils im Substrat sowie der bei Versuchsabschluss durchgeführten $\text{NO}_3\text{-N}$ -Analyse im Pflanzensaft, wurde klar, wodurch diese Probleme hervorgerufen wurden: Die Analysen ergaben, dass die $\text{NO}_3\text{-N}$ -Werte im Pflanzensaft bis zu viermal höher und diejenigen im Substrat sogar mehr als sechsmal höher lagen als bei den anderen Varianten (siehe Abbildung 24 und 41). Nach Herstellerangaben des TEFA-Substrates sollte die Düngung ab Versuchswoche 9 von 750 auf 1000 Milligramm Stickstoff pro Woche und Pflanze erhöht werden. Obwohl die Pflanzen zu diesem Zeitpunkt keinen Stickstoffmangel aufwiesen, wurde darauf verwiesen, dass sich diese Erhöhung positiv auf die Pflanzengesundheit auswirken würde. Miteinhergehend mit den oben genannten negativen Veränderungen war ab Versuchswoche 11 auch ein starker Anstieg des EC-Wertes im Substrat der Variante 6 zu beobachten (siehe Abbildung 44). Auch wenn dieser Wert im Vergleich mit den Angaben von Hauert (2012), beschrieben in Kapitel 3.9.3, für den Anbau von Tomaten noch in einem akzeptablem Bereich lag, fällt auf, dass er massiv höher ausfiel als diejenigen der übrigen Substratvarianten. Der hohe EC-Wert im TEFA-Substrat muss, wenn man die Werte der übrigen Varianten betrachtet, generell relativiert werden. In Abbildung 44 ist ersichtlich, dass bei einem Vergleich der gemessenen EC-Werte aller anderen Varianten mit den Angaben von Hauert (2012), diese deutlich zu tief lagen. Für zukünftige Studien wäre es also grundsätzlich unproblematisch, abgesehen von der TEFA-Variante, etwas höhere Düngegaben einzusetzen.

Während der Versuchszeit musste bei der TEFA-Variante zudem festgestellt werden, dass deren Bewässerung einen grossen Zeitaufwand nach sich zog. Das Substrat trocknete leicht aus und die Oberfläche verdichtete sich schnell, sodass das Wasser oder die Düngemittel bei zu schnellem Zugeben am Topfrand entlang hinunter liefen und somit für die Pflanze nur schwer zugänglich waren. Die geringe Kapillarität von TEFA führte weiter dazu, dass das Wasser nur unzureichend aufgesogen werden konnte. Dieses Problem deckt sich mit den Angaben von Jonas Lécho. Die von ihm erhaltenen Informationen zur Substratkomponente TEFA wurden in Kapitel 3.2.7 beschrieben.

Obwohl die Pflanzen auf dem TEFA-Substrat bis Versuchswoche 11 keine deutlich schlechteren Messwerte ergaben als die anderen Varianten, wurden die Endresultate dieser Variante durch die zu hohe Düngegabe stark negativ beeinflusst. Die Endmesswerte der Variante 5 zeigen beim Frühertrag, der Kulturhöhe, der Sprossmasse und der Blütenbildung deutlich tiefere Werte als bei den anderen Varianten. Zudem fällt bei der Betrachtung des Wurzelbil-

des dieser Variante auf, dass sie deutlich braun und verfault wirken (siehe Abbildung 37 und 38). Die erhöhte Düngung scheint also auch das Wurzelbild negativ beeinflusst zu haben. Diese Begebenheiten zeigen deutlich auf, dass man sich bei der Düngung und Bewässerung von TEFA nur auf wenige Erfahrungswerte stützen kann und dies noch näher untersucht werden sollte. Zudem ist nach wie vor nicht vollständig geklärt, ob sich auch noch andere Eigenschaften von TEFA negativ auf das Pflanzenwachstum auswirken. Gerade als Substratkomponente in einem tieferen als dem in dieser Arbeit verwendeten Anteil von 70 % TEFA, verspricht der Torfersatzstoff aus Maisstängel aber ein grosses Potential.

5.4 Versuchsabschluss (Versuchswochen 13 bis 15)

Mit Chlorophyll- oder Höhenerhebungen können zwar Aussagen über die Pflanzengesundheit getroffen werden, trotzdem kann der Ertrag, auch bei vergleichsweise guten Messwerten der oben genannten Parameter, tief ausfallen. Gerade für Produzenten dürften deshalb Angaben zu den Erträgen und der Blütenbildung über die gesamte Vegetationsperiode zu den bedeutendsten Parametern gehören.

Bei den erhobenen Werten zu den durchschnittlichen Erträgen ist wichtig zu beachten, dass nur zwischen den Varianten 3 und 5 sowie den Varianten 3 und 4 signifikante Unterschiede festgestellt werden konnten. Insbesondere der höhere Ertrag von Variante 3 im Vergleich zur Variante 4 ist bemerkenswert, da die beiden Varianten abgesehen von der mineralischen Düngung beziehungsweise der Zugabe von Gartenkompost aus den gleichen Substratkomponenten bestehen. Lässt man die Signifikanz ausser Betracht, fällt in Abbildung 27 auf, dass bei der Variante 3 durchschnittlich mindestens 10 % mehr Frühertrag geerntet werden konnte als bei den übrigen Varianten. Die Variante 1 (Torf) liegt an zweiter Stelle, dicht gefolgt von der biologischen Variante 2 und der konventionellen Variante 6 (Torf + Käferpellets). Es ist interessant, dass die Variante 3, ein Substrat ohne Torf, überdurchschnittlich abschneidet. Einen Einfluss auf die zufriedenstellenden Ergebnisse der Variante 3 hatte sicherlich die vor Versuchsbeginn zugeführte mineralische Startdüngung. Es liegt aber nahe, dass der leicht erhöhte Frühertrag der Variante 3 auch noch anderen Substrateigenschaften als der zugeführten Startdüngung zugeschrieben werden muss. Beim Betrachten der Zusammensetzung der einzelnen Substrate in Tabelle 3 fällt auf, dass die Variante 3 am meisten Holzfasern enthält. Die beiden biologischen Varianten enthalten durch die Zugabe vom „Torfersatz Bio-Linie“ auch einen gewissen, nicht näher beschriebenen Anteil an Holzfasern im Substrat. Dieser liegt allerdings tiefer als der mit 30 % veranschlagte Anteil der Variante 3. Die positiven Eigenschaften von Holzfasern in Substraten wurden in Kapitel 3.2.2 beschrieben. Nach Neumaier (2008) sind die Substrateigenschaften von Holzfasern unter allen Ersatzstoffen neben Coco-Peat denjenigen des Torfs am ähnlichsten und eignen sich deshalb gut als Torfersatz. Dagegen, dass Holzfaser für den hohen Frühertrag der Variante 3 verantwortlich ist, spricht die in Kapitel 2.3 beschriebene Studie von König (2004). Damals

stiegen die Erträge von Chinakohl und Feldsalat, umso mehr Torf und weniger Holzfasern im Substrat enthalten waren. Eine verlässliche Aussage darüber, inwiefern solche Ergebnisse von Chinakohl und Feldsalat auf Tomaten übertragbar sind, lässt sich kaum treffen. Es kann jedoch angenommen werden, dass bedeutende Unterschiede bestehen.

Aufgrund der Erkenntnis, dass die konventionelle Variante 3 und die biologische Variante 4 eine ähnliche Substratzusammensetzung aufweisen, aber die Versuchspflanzen bei einigen Parametern deutlich unterschiedliche Ergebnisse aufzeigten, sollte die Zusammensetzung der beiden Varianten näher untersucht werden. Naheliegend wäre hier eine gesteigerte Zugabe von Gartenkompost zur Variante 4, um deren Nährstoffgehalt zu Beginn der Kulturzeit zu erhöhen. Wie in Kapitel 2.3 beschrieben, gibt es gerade zu Kompost verschiedene Studien, die dessen positiven Einfluss auf die Substrateigenschaften belegen. Diese Erkenntnis könnte auch bei den Varianten 1 und 6 genutzt werden, um deren Torfanteil zu reduzieren. Nach Lazcano et al. (2009) kann bis zur Hälfte des in Substraten vorhandenen Torfs mit Kompost substituiert werden ohne dass das Wachstum oder der Ertrag der Pflanzen beeinträchtigt wird. Neben dem geringeren Einsatz von Torf würde der Kompost auch den pH-Wert des Substrates anheben. Dieser lag bei der Torfvariante während der gesamten Versuchszeit knapp über 5,5 (siehe Abbildung 43). Wie in Kapitel 3.9.2 beschrieben, wird nach Hauert (2012) für den Anbau von Tomaten ein pH-Wert von 5,9 bis 6,5 empfohlen. Aufgrund dieser Angabe war der pH-Wert der Variante 1 für den Anbau von Tomaten nicht optimal. Es muss jedoch angemerkt werden, dass nicht lediglich die pH-Werte der Variante 1 in einem suboptimalen Bereich für den Anbau von Tomaten lagen: In den ersten Versuchswochen lagen die pH-Werte aller Varianten ohne Torf nämlich in einem neutralen Bereich zwischen 6,5 und 7,5 und somit höher als empfohlen. Die Varianten 3 und 4 zeigten im weiteren Versuchsverlauf zudem starke Schwankungen des pH-Wertes. Es liegt nahe, dass die Pufferkapazität dieser beiden Substrate relativ tief lag. Für künftige Substratmischungen müsste die Pufferkapazität beispielsweise durch die Erhöhung des Anteils an organischer Substanz verbessert werden. Zudem sollte der pH-Wert der Varianten 2, 3 und 4 für den spezifischen Anbau von Tomaten leicht vermindert werden. Dies könnte beispielsweise durch die Zugabe von Nadelerde erreicht werden.

Wie Abbildung 26 zeigt, verzeichneten einige Pflanzen bis Versuchsabschluss eine stärkere Blütenbildung als andere. Insbesondere die Variante 6 (Torf + Käferpellets) stach hier positiv heraus: Sie bildete signifikant mehr Blüten aus als alle anderen Varianten, ausgenommen der Variante 3. Interessanterweise hat die reine Torfvariante ohne Käferpellets (Variante 1) zusammen mit der Variante 5 am wenigsten Blüten ausgebildet. Die Ergebnisse zur Blütenbildung widerspiegeln sich auch in den in Kapitel 4.1.8 dargestellten Wurzelbildern. Sie schienen bei den Varianten 1 und 5 weniger stark durchgewachsen als diejenigen der übrigen Varianten. Gerade die Variante 6, die auch am meisten Blüten ausbildete, wirkte besonders

stark durchwachsen, obwohl nicht ausgeschlossen werden kann, dass es sich bei den gewählten Pflanzen um Ausreisser handelte. Auch bei der bis Versuchsabschluss gebildeten Sprossmasse kann eine Korrelation mit der Blütenbildung festgestellt werden. Die Variante 6 bildete nämlich signifikant weniger Sprossmasse aus als die Variante 2 (siehe Abbildung 28). Dass die Variante 6 aber signifikant mehr Blüten ausbildete als die Variante 2 ist ein Anzeichen dafür, dass diese Variante, bedingt durch die später erfolgte Stickstoffzufuhr, über die gesamte Versuchszeit mehr Energie für das generative Wachstum aufwenden konnte. Die Ergebnisse bezüglich der Blütenbildung in dieser Arbeit decken sich nicht mit den in Kapitel 2.3 beschriebenen Studien zur Blütenbildung von Treder (2008) und Treder & Nowak (2002). Damals wurde festgestellt, dass Substrate auf Basis von Coco-Peat einen positiven Einfluss auf die Blütenbildung von Lilien und Pelargonien hätten. In der vorliegenden Arbeit enthielten die Variante 3 und 4 am meisten Coco-Peat (jeweils 35 %, siehe Tabelle 3). Diese Varianten stachen bei der Blütenbildung aber nicht positiv heraus. Es kann angenommen werden, dass Topftomaten anders auf Substratbestandteile reagieren als Lilien oder Pelargonien und die Ergebnisse deshalb unterschiedlich ausfielen. Im vom BAFU 2017 gestarteten, dreijährigen Praxisprojekt, das die Einführung von torf reduzierten und torffreien Substratmischungen unterstützt, konnte bereits festgehalten werden, dass die aus torf reduzierter Produktion stammenden Pflanzen früher blühten. Auch diese Begebenheit konnte im vorliegenden Versuch nicht bestätigt werden, denn wie in Abbildung 25 ersichtlich, trugen die biologischen Varianten bei Erhebungsbeginn in Versuchswoche 5 von allen untersuchten Varianten am wenigsten Blüten.

Diese Messwerte der Blütenbildung sollten auch bei der Interpretation der Ergebnisse zum Frühertrag betrachtet werden. Der eher hohe Frühertrag von Variante 1 würde über die gesamte Ertragsperiode, aufgrund der tiefen Anzahl an Blütenansätzen wohl deutlich tiefer ausfallen. Die Zugabe der Käferpellets scheint einen positiven Effekt auf die Blütenbildung zu haben, auch wenn dem Substrat durch deren Beimischung mehr Stickstoff zugeführt werden muss. Es fällt schwer, eine Erklärung zu finden, weshalb gerade die Käferpellets zu einer stärkeren Blütenbildung führten. Naheliegend wären erhöhte P_2O_5 -Werte im Ausgangssubstrat, da Phosphor massgeblich an der Blütenbildung beteiligt ist (siehe Kapitel 3.10). Die analysierte P_2O_5 -Werte in den Käferpellets sind tatsächlich relativ hoch (siehe Anhang 5) und die Zugabe dieser zum Torfsubstrat bewirkt, dass die Messwerte im Substrat höher liegen als diejenigen der Variante 1 (siehe Tabelle 5). Jedoch wurden in den Varianten 3, 4 und 5 ähnliche oder gar deutlich höhere P_2O_5 -Werte im Ausgangssubstrat gemessen. Da insbesondere die Variante 4 bei Versuchsabschluss ebenfalls weniger Blüten als die Variante 6 ausgebildet hatte, muss die erhöhte Blütenbildung dementsprechend einer anderen Eigenschaft der Käferpellets zugeschrieben werden. Mögliche Faktoren wären etwa die positiven physikalischen Eigenschaften oder aber eine erhöhte biologische Aktivität durch die Zugabe

der Kotpillen. Zum aktuellen Zeitpunkt kann lediglich festgehalten werden, dass eine Zugabe von Käferpellets die Blütenbildung positiv beeinflusst und darin vermutlich eine hohe Zahl an stickstofffixierenden Bakterien enthalten ist.

5.5 Fazit

Die vorliegende Arbeit zeigt auf, dass für eine unkomplizierte Umstellung auf eine gänzlich torffreie und grosstechnisch erfolgreiche Pflanzenproduktion noch weitere Forschungsfragen geklärt und entsprechende Erfahrungen gesammelt werden müssen. Trotzdem kann nach Abschluss der Literaturstudie und des Kulturversuches klar festgehalten werden, dass eine torffreie Pflanzenproduktion sowohl in der konventionellen als auch in der biologischen Hortikultur realisierbar ist. Gerade im Hobbybereich müsste torffreies Gärtnern bereits heute ohne grössere Einschränkungen möglich sein.

In der biologischen Pflanzenproduktion bildet die Steuerung der Düngung einen zentralen Punkt, der bei der Planung eines Torfausstiegskonzepts unbedingt bedacht werden muss. Dadurch, dass in der biologischen Pflanzenproduktion kein direkt verfügbares Nitrat zugeführt werden darf, ist die Planung der Düngung unter Miteinbezug der Nitrifikation schwieriger als in der konventionellen Produktion. Weitere Erfahrungen bezüglich der Düngung von torffreien Substraten müssen deshalb möglichst bald gesammelt werden.

Die Herausforderungen werden sich in Zukunft auf den professionellen Bereich in der Jungpflanzenproduktion konzentrieren, da dort insbesondere bei Presstopferden bis heute kein geeignetes Torfsubstitut gefunden werden konnte. Ein weiteres Problem in der Pflanzenproduktion lässt sich bei der Bewässerung ausmachen. Wie der vorliegende Versuch deutlich macht, haben unterschiedliche Substratmischungen sehr unterschiedliche Wasserhaltekapazitäten. Das grösste Problem einer torffreien Pflanzenproduktion dürfte dementsprechend eher die angepasste Kulturführung als das eigentliche torffreie Substrat sein. Hier obliegt auch der Politik die Pflicht, Studien in diesem Bereich voranzutreiben, denn um einen möglichst baldigen Torfausstieg zu fördern, sollte dieses Wissen der Allgemeinheit breit und kostenlos zur Verfügung gestellt werden.

Keine der in dieser Arbeit untersuchten Substratkomponenten vermag Torf vollumfänglich zu ersetzen – zu unterschiedlich sind die jeweiligen Eigenschaften. Künftig wird man aber durch weitere Studien und das Kombinieren dieser Komponenten Substrateigenschaften erreichen können, die denjenigen von Torf sehr nahe kommen. Auch im vorliegenden Versuch wurde deutlich, dass keine der untersuchten Substratvarianten bei sämtlichen Messparametern überzeugen konnte. Von den in dieser Arbeit untersuchten Substraten stach aber insbesondere die torffreie und konventionelle Variante 3 positiv heraus. Für zukünftige Forschungsarbeiten wird empfohlen, sich intensiv mit der Düngung und der Bewässerung dieser Substratmischung zu befassen. Zudem sollte genauer untersucht werden, was eine stufenweise Zugabe von Gartenkompost, TEFA und Käferpellets zu diesem Substrat bewirkt.

6 Literaturverzeichnis

- Alexander, P., Bragg, N., Meade, R., Padelopoulos, G., Watts, O. (2008). Peat in Horticulture and Conservation: The UK Response to a Changing World. *Mires & Peat, Volume 3 (2008) Article 08*. S. 1
- Altwegg, A. (2011). Zahlen und Fakten zu Torf. *g'plus die Gärtner-Fachzeitschrift*. 17/2011. S. 5
- Amberger-Ochsenbauer, S. (2008). Substratkomponenten. *Informationsdienst Weihenstephan. Ausgabe August 2008*. S. 1-2
- Andermatt Biocontrol AG (2018a). Gebrauchsanleitung AminoBasic. Organische Stickstoffdüngerlösung.
- Andermatt Biocontrol AG. (2018b). Gebrauchsanleitung AminoComplete. Organisch-mineralische NPK-Düngerlösung zur Bodenapplikation.
- Anneser, K. (2008). Substratkomponenten. *Informationsdienst Weihenstephan. Ausgabe Juni 2008*. S. 1-2
- Arenas, M., Vavrina, C.S., Cornell, J.A., Hanlon, E.A., Hochmuth, G.J. (2002). Coir as an Alternative to Peat in Media for Tomato Transplant Production. *HortScience Vol. 37(2)*. S. 309-312
- BAFU. (2019). *Marktteilnehmer setzen gemeinsam Reduktion des Torfverbrauches um*. Abgerufen am 24. Mai 2019 von: www.bafu.admin.ch/torfausstieg#1676417662
- BAFU. (2017). Absichtserklärung zur Reduktion des Torfeinsatzes in der Herstellung, im Angebot und im Verbrauch von Sackerden für den Endverbraucher in der Schweiz. S. 1-5
- Bigler Samen AG. (2018). Gemüse-Saatgut 2018/19. Thun: Bigler Samen AG. S. 95
- Bio-Suisse. (2018). Richtlinien für die Erzeugung, Verarbeitung und den Handel von Knospe-Produkten. Basel: Bio-Suisse. S. 105

- Bohlin, C., Holmberg, P. (2004). Peat: Dominating Growing medium in Swedish Horticulture. *Acta Horticulturae* 644. S. 178
- Bundesverfassung der schweizerischen Eidgenossenschaft (BV). (1999). SR 102. Stand am 23. September 2018. S. 22
- Ceglie, F., Bustamante, M., Amara, M., Tittarelli, F. (2015). The Challenge of Peat Substitution in Organic Seedling Production: Optimization of Growing Media Formulation through Mixture Design and Response Surface Analysis. San Francisco: PLoS ONE. S. 1
- Dumroese, R., Heiskanen, J., Englund, K., Tervahauta, A. (2011). Pelleted biochar: Chemical and physical properties show potential use as a substrate in container nurseries. *Biomass and Bioenergy*, 35 (2011). S. 2018–2019
- Europäische Kommission. (2011). Die Biodiversitätsstrategie der EU bis 2020. Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. S. 15
- Europäische Kommission. (2015). Report from the Commission to the European parliament and the Council. The Mid-Term review of the EU biodiversity strategy to 2020. Brüssel: European Commission. S. 7
- Eymann, L., Mathis, A., Stucki, M., Amrein, S. (2015). Torf und Torfersatzprodukte im Vergleich: Eigenschaften, Verfügbarkeit, ökologische Nachhaltigkeit und soziale Auswirkungen. Wädenswil: Institut für Umwelt und natürliche Ressourcen, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften. S. 14, 70-71, 74
- Force-A. (ohne Datum). Dualox Scientific User's Manual. Orsay Cedex: Force-A. S. 19
- Gemüsebauversuchsbetrieb Bamberg. (2012). Balkontomaten, Sorten. Bamberg: Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau. S. 1-2
- Grossmann, M., Neumaier, D., Schmitt, B., Wartenberg, S., Wrede, A. (2015). Torfreduktion und Vollversorgung mit Vorratsdüngern bei Stauden. *Gärtnerbörse*. 10/2015. S. 56-61

- Gysi, C., Allmen, F., Heller, W., Poffet, J., Wegmüller, H. (1995). Substratuntersuchung für den Zierpflanzenbau. Flugschrift Nr. 113. Wädenswil: Eidg. Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau.
- HACH. (ohne Datum). Digitale Elektrochemie. Volles Vertrauen für pH, O₂, Leitfähigkeit, Redox. Düsseldorf: Hach Lange.
- Hauert, P. (2012). Das Wichtigste zur Düngung. Grossaffoltern: Hauert HBG Dünger AG. S. 8, 20-22
- IUCN, International Union for the Conservation of Nature. (2018). UK Peatland Strategy 2018 - 2040. S. 5
- König, U. (2002). Entwicklung von grosstechnisch einsetzbaren biologisch-dynamischen Anzuchterden. *Lebendige Erde 2 / 2002*. S. 42-43
- König, U. (2004). Torfersatz bei Bioanzuchterden II. *Schriftenreihe: Band 18*. S.23, 26
- Kutschka, S., Schuhwerk, D., Nakhforoosh, A., Grausgruber, H., Kaul, H., Loiskandl, W., Bodner, G. (2011). Wurzelmethoden für die Pflanzenzüchtung. 1. *Tagung der Österreichischen Gesellschaft für Wurzelforschung 2011*. S. 19-24
- Lazcano, C., Arnold, J., Tato, A., Zaller, J. G., Dominquez, J. (2009). Compost and vermicompost as nursery pot components: effects on tomato plant growth and morphology. *Spanish Journal of Agricultural Research 2009 7(4)*. S. 944
- McCluskey, C. (ohne Datum). What is Coco Peat? Abgerufen am 2. Juni 2019 von: <https://www.hortgrow.com/hortgrow-blog/what-is-coco-peat/>
- Meerow, A. (1994). Growth of Two Subtropical Ornamentals Using Coir (Coconut Mesocarp Pith) as a Peat Substitute. *HortScience Vol. 29(12)*. S. 1484-1486
- Merck KGaA. (2012). Nitrat in Gemüse. Reflektometrische Bestimmung nach Reduktion zu Nitrit und Umsetzung mit Griess-Reagenz. *Applikation*. Darmstadt: Merck KGaA
- Merck KGaA. (2016). Reflectoquant Nitrat-Test. *Produktbeilage*. Darmstadt: Merck KGaA

- Moral, R., Paredes, C., Perez-Murcia, M., Perez-Espinosa, A. (2013). Challenges of Composting for Growing Media Purposes in Spain and the Mediterranean Area. Alicante: Miguel Hernandez University. S. 1
- Neumaier, D. (2008). Substratkomponenten - Teil 6. *Informationsdienst Weihenstephan. Ausgabe April 2008*. S. 2
- Peters, J., Von Unger, M. (2017). Peatlands in the EU Regulatory Environment. Bonn: Bundesamt für Naturschutz. S. 25
- Pöstinger, M. (2007). Torfstich und seine Auswirkungen auf das Ökosystem Moor. Linz: OÖ Umweltanwaltschaft. S. 3
- Quantis. (2012). Comparative life cycle assessment of horticultural growing media based on peat and other growing media constituents. Lausanne: Quantis. EPAGMA – European Peat and Growing Media Association. S. 57
- Ricoter. (2018). Ricoter Sortimentskatalog 2018. Aarberg: Ricoter Erdaufbereitung. S.97
- Rüttimann, U. (2019a). Torfersatz hätte grossen Einfluss auf die Umwelt. *g'plus - Magazin für die grüne Branche*. 9/2019. S. 28-31
- Rüttimann, U. (2019b). Der Torfausstieg ist reine Kopfsache. *g'plus - Magazin für die grüne Branche*. 10/2019. S. 22-24
- Rüttimann, U. (2019c). Mit Feldforschung zu besseren Substraten. *g'plus - Magazin für die grüne Branche*. 11/2019. S. 25
- Sauer, H. (2006). Tomaten - Düngung. In *D3b Unterglasgemüsebau, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz*.
- Schmilewski, G. (2017). Growing media constituents used in the EU in 2013. *Acta Horticulturae 1168*. S. 86
- Schmilewski, G. (2018). Kultursubstrate und Blumenerden - Eigenschaften, Ausgangsstoffe, Verwendung. Düsseldorf: Industrieverband Garten (IVG). S. 65-81, 134-136

Sorba-Absorber GmbH. (2015). Torfersatzstoff TEFA. *Datenblatt vom September 2015*. Biel: Sorba-Absorber GmbH

Treder J., Nowak J. (2002). Zastosowanie podłoży kokosowych w uprawie roślin rabatowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 485. S. 335-358. Abstract in English.

Treder, J. (2008). The Effects of Cocopeat and Fertilization on the Growth and Flowering of oriental Lily „Star Gazer“. *Journal of Fruit and ornamental Plant Research*. Vol. 16. S. 361-370

VSGP. (2008). Handbuch Gemüse. Manuel des légumes. Bern: VSGP. S. 97

Zaller, J. (2006). Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *Scientia Horticulturae* 112 (2007). S. 191-199

Abbildungsverzeichnis

Titelbild: Topftomaten in den verschiedenen Versuchssubstraten bei Versuchabschluss. Erstellt durch Ortner, Tim am 17. Juni 2019.

Abbildung 1: Hochmoortorf ist heute der weltweit bedeutendste Substratbestandteil. Erhalten von Hogrebe, Maria (Ricoter) am 17. Juli 2019

Abbildung 2: Holzfasern teilen viele Eigenschaften mit Torf. Erhalten von Hogrebe, Maria (Ricoter) am 17. Juli 2019

Abbildung 3: Coco-Peat wird weltweit als Substratkomponente eingesetzt. Erhalten von Hogrebe, Maria (Ricoter) am 17. Juli 2019

Abbildung 4: Kokosfasern sind ein weiteres Nebenprodukt der Kokosnussverarbeitung. Erhalten von Hogrebe, Maria (Ricoter) am 17. Juli 2019

Abbildung 5: Rindenkompost eignet sich besonders gut als Bodenverbesserer. Erhalten von Hogrebe, Maria (Ricoter) am 17. Juli 2019

Abbildung 6: Die in einigen Substraten von Ricoter verwendete Landerde stammt aus der Zuckerrübenproduktion. Erhalten von Hogrebe, Maria (Ricoter) am 17. Juli 2019

Abbildung 7: Das im Versuch getestete TEFA wurde für die Verwendung mit 30 % Perlit gemischt. Erstellt durch Ortner, Tim am 13. Juli 2019

Abbildung 8: Die in der Variante 6 verwendeten Käferpellets. Erstellt durch Ortner, Tim am 13. Juli 2019

Abbildung 9: Blähpelrit wird in der Pflanzenproduktion aufgrund seines hohen Gesamtporenanteils geschätzt. Erhalten von Hogrebe, Maria (Ricoter) am 17. Juli 2019

Abbildung 10: Die Jungpflanzen in der ersten Woche nach erfolgtem Umtopfen in die verschiedenen Versuchssubstrate. Erstellt durch Ortner, Tim am 19. März 2019

Abbildung 11: Die Versuchsanordnung der Versuchswochen 1 bis 9. Erstellt durch Ortner, Tim am 21. März 2019 in Microsoft Excel.

Abbildung 12: Die Versuchsanordnung der Versuchswochen 9 bis 15. Erstellt durch Ortner, Tim am 15. Mai 2019 in Microsoft Excel.

Abbildung 13: Biologische Schädlingsbekämpfung mit Nützlingen. Erstellt durch Ortner, Tim am 6. Juni 2019.

Abbildung 14: Die Blattstiele werden für die Bestimmung des Nitratanteils ausgekocht. Erstellt durch Ortner, Tim am 14. Mai 2019.

Abbildung 15: Der Frühertrag wurde ab Versuchswoche 13 wöchentlich geerntet und die Masse pro Variantenwiederholung erhoben. Erstellt durch Ortner, Tim am 11. Juni 2019.

Abbildung 16: Mit der Analyse des pH-Wertes im Substrat kann eine Aussage dazu getroffen werden, wie stark vorhandene Nährstoffe von den Pflanzen aufgenommen werden können. Erstellt durch Ortner, Tim am 18. Juni 2019.

Abbildung 17: Die total in den Substraten vorhandenen Stickstoff-Mengen über die ganze Versuchszeit pro Variante im Überblick. Erstellt durch Ortner, Tim am 21. Juni 2019 in Microsoft Excel.

Abbildung 18: Die Zunahme der Kulturhöhe während der Versuchszeit. Erstellt durch Ortner, Tim am 21. Juni 2019 in Microsoft Excel.

Abbildung 19: Die durchschnittlichen Kulturhöhen bei Versuchsabschluss. Erstellt durch Ortner, Tim am 21. Juni 2019 in Microsoft Excel.

Abbildung 20: Die Zunahme der Sprossdurchmesser während der Versuchszeit. Erstellt durch Ortner, Tim am 21. Juni 2019 in Microsoft Excel.

Abbildung 21: Die durchschnittlichen Durchmesser der Sprossachsen bei Versuchsabschluss. Erstellt durch Ortner, Tim am 21. Juni 2019 in Microsoft Excel.

Abbildung 22: Veränderung des Chlorophyllanteils im Blatt während der Versuchszeit. Erstellt durch Ortner, Tim am 21. Juni 2019 in Microsoft Excel.

Abbildung 23: Durchschnittliche Chlorophyllanteile im Blatt der einzelnen Varianten bei Versuchsabschluss. Erstellt durch Ortner, Tim am 21. Juni 2019 in Microsoft Excel.

Abbildung 24: Die gemessenen NO₃-N-Anteile im Pflanzensaft der beiden Erhebungstage. Erstellt durch Ortner, Tim am 21. Juni 2019 in Microsoft Excel.

Abbildung 25: Die Veränderung der Blüten- und Fruchtbildung der Varianten während der Versuchszeit. Erstellt durch Ortner, Tim am 21. Juni 2019 in Microsoft Excel.

Abbildung 26: Durchschnittliche Anzahl gebildeter Blüten pro Variante bei Versuchsabschluss. Erstellt durch Ortner, Tim am 21. Juni 2019 in Microsoft Excel.

Abbildung 27: Durchschnittlicher Ertrag pro Pflanze bei Versuchsabschluss. Erstellt durch Ortner, Tim am 21. Juni 2019 in Microsoft Excel.

Abbildung 28: Die durchschnittlich gebildete Sprossmasse der einzelnen Varianten pro Pflanze. Erstellt durch Ortner, Tim am 21. Juni 2019 in Microsoft Excel.

Abbildung 29 - 40: Boden- und Seitenansichten der Wurzelbilder der Substratvarianten. Erstellt durch Ortner, Tim am 19. Juni 2019.

Abbildung 41: Veränderung der NO₃-N-Anteile im Substrat in einer Skala von 0 - 300 mg/l.

Erstellt durch Ortner, Tim am 23. Juni 2019 in Microsoft Excel.

Abbildung 42: Veränderung der NO₃-N-Anteile im Substrat in einer Skala von 0 - 50 mg/l.

Erstellt durch Ortner, Tim am 23. Juni 2019 in Microsoft Excel.

Abbildung 43: Veränderungen der pH-Werte der einzelnen Substratvarianten während der Versuchszeit. Erstellt durch Ortner, Tim am 23. Juni 2019 in Microsoft Excel.

Abbildung 44: Veränderung der EC-Werte der einzelnen Substratvarianten während der Versuchszeit. Erstellt durch Ortner, Tim am 23. Juni 2019 in Microsoft Excel.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bio-Suisse setzt Richtlinien für die Verwendung von Torf in Substraten. Bio-Suisse. (2018). Richtlinien für die Erzeugung, Verarbeitung und den Handel von Knospe-Produkten. Basel: Bio-Suisse. S. 105

Tabelle 2: Messparameter bei Tomaten, kultiviert in Substraten bestehend aus Kokosfasern (C), Torf (P), Vermiculit (V) und Perlit (Pr). Arenas, M., Vavrina, C, Cornell, J., Hanlon, E., Hochmuth, G. (2002). Coir as an Alternative to Peat in Media for Tomato Transplant Production. *HortScience Vol. 37(2)*. S. 311\$

Tabelle 3: Übersicht der einzelnen, im Kulturversuch verwendeten, Substratmischungen. Erstellt durch Ortner, Tim am 27. Mai 2019 in Microsoft Excel.

Tabelle 4: Die durchschnittliche Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit im Gewächshaus der einzelnen Versuchswochen. Erstellt durch Ortner, Tim am 29. Juli 2019 in Microsoft Excel.

Tabelle 5: Die zugeführten Mengen an Stickstoff (N), Phosphorpentoxid (P₂O₅) und Kaliumoxid (K₂O) pro Versuchswoche im Überblick. Erstellt durch Ortner, Tim am 23. Juni 2019 in Microsoft Excel

Anhang

Anhangverzeichnis

- Anhang 1:** Skript RStudio
- Anhang 2:** p-Werte der statistischen Auswertungen in RStudio
- Anhang 3:** Applikation „Nitrat in Gemüse“
- Anhang 4:** Referenzmethoden der Eidgenössischen landwirtschaftlichen Forschungsanstalten. Volumenextraktion mit Wasser (1:1,5).
- Anhang 5:** Messwerte Jardin Suisse „Käferpellets ganz“
- Anhang 6:** Auszug Rohdaten
- Anhang 7:** Aufgabenstellung
- Anhang 8:** Plagiatserklärung

Anhang 1: Skript RStudio

```
# Package „userfriendlyscience“ installieren und laden
install.packages('userfriendlyscience')
library('userfriendlyscience')

# Working directory festlegen und notwendige Packages laden
# „Hoehe“ wird jeweils mit den jeweiligen Filenamen ersetzt
setwd("~/Documents/ZHAW/8. Semester/BA/Statistik")
Hoehe=read.csv2("Hoehe.csv", header = TRUE, dec = ',')
library(reshape2)
library(FSA)

# Colnames aendern
main<-"Var"
kolonnennamen<- paste(main,1:6,sep = "")
colnames(Hoehe)<-kolonnennamen
dataHoehe<-melt(Hoehe)
colnames(dataHoehe)<-c("Variante", "Wert")
str(dataHoehe)
resaov<-aov(Wert~Variante, data = dataHoehe)

# aov(dataHoehe$Wert~dataHoehe$Variante)
summary(resaov)
TukeyHSD(resaov)

# Voraussetzungen Testen
source("tests_and_visuals_mac.R")
vis_ANOVA_clusters(dataHoehe$Wert,dataHoehe$Variante)
bartlett.test(Wert~Variante, data = dataHoehe)

#Falls Varianzhomogenitaet nicht erfuehlt und normalverteilt: "oneway.test"; an-
schliessend posthoc test mit "games.howell"
oneway.test(Wert~Variante, data = dataHoehe)
games.howell(dataHoehe$Wert,dataHoehe$Variante)

#Falls Varianzhomogenitaet erfuehlt und nicht normalverteilt oder falls Varinazho-
mogenitaet nicht erfuehlt und nicht normalverteilt: "Kruskal Wallis"
vis_Kruskal_Wallis_clusters(dataHoehe$Wert,dataHoehe$Variante)
dataHoehe<-melt(Hoehe)
vis_ANOVA_clusters(dataHoehe$value, dataHoehe $variable)
```

Anhang 2: p-Werte der statistischen Auswertungen in RStudio

Chlorophyll (Kruskal-Wallis):

	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4	Var 5
Var 2	0,92				
Var 3	0,33	0,92			
Var 4	0,92	0,33	0,03		
Var 5	0,00	0,00	0,00	0,00	
Var 6	0,02	0,16	0,92	0,00	0,00

Blütenbildung (oneway.test):

	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4	Var 5
Var 2	0,55				
Var 3	0,19	0,95			
Var 4	0,84	1,00	0,90		
Var 5	0,47	0,01	0,00	0,09	
Var 6	0,00	0,04	0,38	0,04	0,00

Höhe (oneway.test):

	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4	Var 5
Var 2	0,55				
Var 3	0,19	0,95			
Var 4	0,84	1,00	0,90		
Var 5	0,47	0,01	0,00	0,09	
Var 6	0,00	0,04	0,38	0,04	0,00

Sprossdurchmesser (oneway.test):

	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4	Var 5
Var 2	1,00				
Var 3	0,82	0,34			
Var 4	0,52	0,53	0,02		
Var 5	0,13	0,06	0,00	0,25	
Var 6	1,00	1,00	0,55	0,80	0,22

Sprossmasse (Kruskal-Wallis):

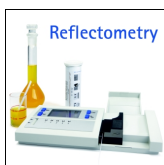
	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4	Var 5
Var 2	0,1240				
Var 3	0,0046	1,0000			
Var 4	0,0238	1,0000	1,0000		
Var 5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
Var 6	0,9690	0,0001	0,1240	0,7980	0,0000

Ertrag (oneway.test):

	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4	Var 5
Var 2	1,00				
Var 3	0,82	0,34			
Var 4	0,52	0,53	0,02		
Var 5	0,13	0,06	0,00	0,25	
Var 6	1,00	1,00	0,55	0,80	0,22

Anhang 3: Applikation „Nitrat in Gemüse“

Applikation



Nitrat in Gemüse

Reflektometrische Bestimmung nach Reduktion zu Nitrit und Umsetzung mit Griess-Reagenz

Reagenzien:

Art. 116971 Reflectoquant® Nitrat-Test

Art. 116995 Reflectoquant® Nitrat-Test

Art. 116970 Reflektometer RQflex®

Art. 116955 Reflektometer RQflex® plus

oder:

Art. 117961 Nitrat Test RQeasy®

Reflektometer RQeasy® Nitrat

Probenvorbereitung:

Die Probe wird in einem Mixer (z.B. Ultraturrax) zerkleinert. Ein repräsentativer Anteil wird genau in ein Becherglas eingewogen und mit dest. Wasser versetzt. Das Becherglas wird mit einem Uhrglas abgedeckt und die Lösung unter Rühren ca. 15 min gekocht. Die abgekühlte Probe wird in einen Messkolben überführt und es wird mit dest. Wasser aufgefüllt (Endvolumen).

Tabelle 1 enthält eine Empfehlung der zu wählenden Einwaagen und Volumina für verschiedene Gemüsesorten.

Da die Nitratgehalte bei manchen Gemüsesorten deutlichen Schwankungen unterliegen, muss der Verdünnungsfaktor gegebenenfalls angepasst werden.

Analyse:

Start-Taste des Reflektometers drücken und gleichzeitig das Teststäbchen mit beiden Reaktionszonen ca. 2 Sekunden in die Probe (15 - 30 °C) eintauchen. Überschüssige Flüssigkeit über die Längskante des Stäbchens auf ein saugfähiges Papiertuch ablaufen lassen.

Nach 60 Sekunden Stäbchen im Reflektometer vermessen. Messwert [mg/l] wird automatisch abgespeichert (siehe Bedienungsanleitung RQflex® und Packungsbeilage Reflectoquant® Nitrat-Test).

Berechnung:

$$\text{Nitrat-Gehalt [mg/kg]} = \frac{\text{Messwert [mg/l]} \times \text{Volumen Wasser [ml]}}{\text{Einwaage [g]}}$$

$$\text{Nitrat-Gehalt [mg/kg]} = \text{Messwert [mg/l]} \times \text{Faktor}$$



Tabelle 1:

Probe	Einwaage [g]	Zugabe Wasser [ml]	Endvolumen [ml]	Faktor
Brokkoli	10	50	100	10
Chicoree	10	40	50	5
Endivie	10	50	100	10
Feldsalat	5	50	100	20
Gurke	10	50	100	10
Karotten	10	40	50	5
Kohlrabi	5	50	100	20
Paprika	25	20	25	1
Radicchio	10	40	50	5
Rettich	10	50	100	10
Sauerkraut	10	40	50	5
Tomate	25	40	50	2
Weißkraut	10	40	50	5
Zucchini	10	50	100	10

Messergebnisse - Vergleich mit enzymatischer Methode:

Probe	Reflectoquant [mg/kg]	Enzymatisch [mg/kg]
Brokkoli	606	464
Chicoree 1	< 15	< 25
Chicoree 2	57	53
Endivie 1	4967	4900
Endivie 2	376	390
Feldsalat	4240	4270
Karotten	74	74
Kohlrabi	1616	1639
Paprika, rot	< 3	< 5
Paprika, gelb	6	8
Radicchio	63	55
Rettich	94	91
Sauerkraut	59	51
Tomate	< 7	< 12
Weißkraut	196	107
Zucchini 1	524	737
Zucchini 2	1185	1170



Ordering Information

Product	Catalog No.
Nitrate Test Method: reflectometric with test strips 5 - 225 mg/l NO ₃ - Reflectoquant®	116971
Nitrate Test Method: reflectometric with test strips 3 - 90 mg/l NO ₃ - Reflectoquant®	116995
	116970
	116955
Nitrate Test RQeasy® Method: reflectometric only for RQeasy instruments 5 - 250 mg/l NO ₃ - Reflectoquant®	117961

Anhang 4: Volumenextraktion mit Wasser (1:1,5)

Referenzmethoden der Eidg. landwirtschaftlichen Forschungsanstalten		
Band 1: Bodenuntersuchung zur Düngeberatung Volumenextraktion mit Wasser (1:1,5)	Code	H2OSU-Ex
	Einsatz-Bereich	Düngeberatung: Substrate
Seite 1 von 2		

1. Prinzip

Durch die Volumenextraktion werden die in einem definierten, frischen Substratvolumen vorhandenen leicht löslichen Nährstoffe N, P, K, Mg und Ca nachgewiesen.

Die Substratsuspension wird geschüttelt, um die Nährstoffe zu extrahieren und diese im Extrakt nachweisen zu können.

2. Durchführung

Apparaturen und Geräte:

- (A) Kunststoff-Flaschen mit Schraubverschluss, 500 ml, weithals, Ø ca. 75 mm, Höhe ohne Deckel ca. 150 mm
- (B) Schüttelmaschine:
Lineare Längsschüttelmaschine, Amplitude (Hub) 50 mm, Schüttelgeschwindigkeit 120 U/Min., Flaschen längs in Schüttelrichtung liegend
- (C) Trichter (Ø 100 mm)
- (D) Faltenfilter (Schleicher & Schuell, 790½, Ø 185 mm)
- (E) Erlenmeyer, 250 ml
- (F) Messzylinder 250 ml (hohe Form)
- (G) Substratpresse mit einem Pressvolumen von 133 cm³ (nach Zeichnung)

Reagenzien:

- (1) Demineralisiertes Wasser (H₂O, Leitfähigkeit <5 µS/cm)

Arbeitsvorschrift:

Mit der Substratpresse (G) werden 133 cm³ frisches, gesiebtes Substrat vorbereitet und anschliessend in die Extraktionsflaschen gegeben.

In die vorbereiteten Flaschen wird mit Hilfe des Messzylinders (F) 200 ml H₂O (1) gegeben.

Die verschlossenen Flaschen werden während 1 Stunde auf der Schüttelmaschine (B) geschüttelt.

Anschliessend wird die Bodensuspension durch den Faltenfilter (D) während 2 Stunden in das Auffanggefäss (E) abfiltriert.

Im klaren Filtrat werden Leitfähigkeit (Salzgehalt), Nitrat, Ammonium, P, K, Mg, Ca bestimmt. Die Bestimmungen sind am gleichen Tag wie die Extraktion durchzuführen.

Die Bestimmung des pH-Wertes erfolgt direkt in der aufgerührten Suspension. Für die übrigen Analysen wird das klare Filtrat verwendet.

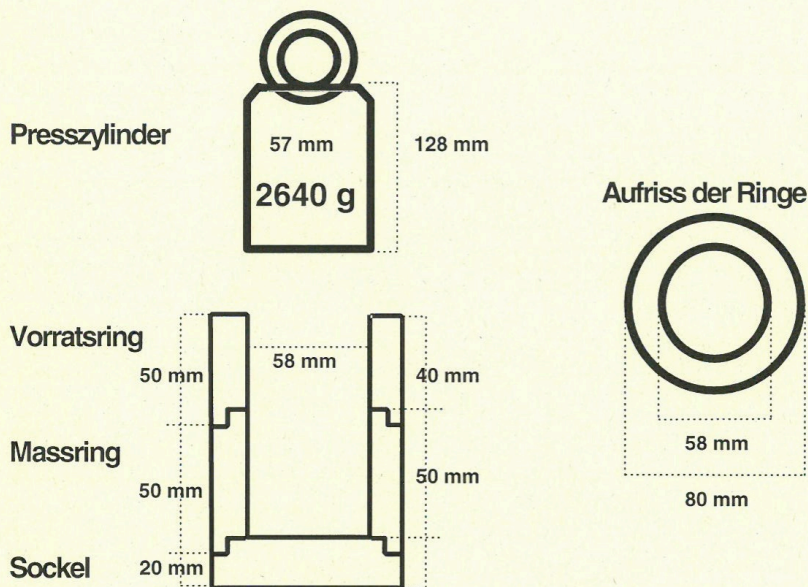
3. Bemerkungen

Probenahme und Probenaufbereitung erfolgen gemäss den dem Einsatzbereich entsprechenden Referenzmethoden.

Methode erstellt		Überarbeitet	Geprüft und freigegeben		Revisionsstand	
am	durch	am	am	durch	Version	ersetzt Version
13.01.95	RAC / Ry	27.11.95	25.01.96	FAL, FAW, RAC	01.02.96	Jan. 95

Referenzmethoden der Eidg. landwirtschaftlichen Forschungsanstalten		
Band 1: Bodenuntersuchung zur Düngeberatung	Code	H2OSU-Ex
	Einsatz-Bereich	Düngeberatung: Substrate
Volumenextraktion mit Wasser (1:1.5)		Seite 2 von 2

Dimensionierung der Volumenpresse für die Wasserextraktion (1:1.5) von Substraten.



Gesamthöhe des Zylinders	90 mm
Höhe des Massringes	50 mm
Höhe des Vorratsringes	40 mm
Lichte Weite der Ringe	58 mm
Höhe des Presszylinders	128 mm
Durchmesser des Presszylinders	57 mm
Masse des Presszylinders	2640 g

Methode erstellt		Überarbeitet		Geprüft und freigegeben		Revisionsstand	
am	durch	am	am	durch	Version	ersetzt Version	
13.01.95	RAC / Ry	27.11.95	25.01.96	FAL, FAW, RAC	01.02.96	Jan. 95	

Anhang 5: Messwerte Jardin Suisse „Käferpellets ganz

Beratungsdienst Bodenlabor JardinSuisse
5000 Aarau - 044 388 53 36



Kunde:	ZHAW 8820 Wädenswil
Probenbezeichnung:	Pellets ganz
Probeneingang:	03.12.2018
Probenausgang:	06.12.2018

Messergebnisse

	Messwerte	Beurteilung tief mässig normal erhöht hoch	Stufe	Richtwerte von bis	
pH-Wert	7.1	■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	4	6.0	7.0
Leitfähigkeit in Millisiemens	0.9	■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	3.75	0.5	1.1

[illegible]

Messmethoden: pH, N, Mg, Ca im 1:1.5 Vol-Extrakt (H₂O); P, K und Spurenelemente im 1:1.5 Vol-Extrakt (NH₄-EDTA)

Die gemessenen Nährstoffe entsprechen annähernd folgenden Gehalten in mg pro Liter Substrat

Nitratstickstoff (N in NO ₃)	nn	mg N / l Substrat
Phosphorpentoxid	339	mg P ₂ O ₅ / l Substrat
Kaliumoxid	1'552	mg K ₂ O / l Substrat
Magnesium	11	mg Mg / l Substrat

Empfehlung/Bemerkung

Glühverlust: 62.9 % der Trockensubstanz

nn = nicht nachweisbar

Wünschen Sie eine Beratung, rufen Sie bitte Herrn Poffet an.



JardinSuisse Bahnhofstrasse 94 5000 Aarau Telefon 044 388 53 00 Fax 044 388 53 40
info@jardinsuisse.ch www.jardinsuisse.ch

Anhang 6: Rohdaten (Auszug zur Blüten- und Fruchtbildung)

Die übrigen Rohdaten sind in der zugehörigen Excel-Datei „Rohdaten_BA_Ortner_2019.xlsx“ zu finden

Substrat	Wiederholung Nr. (WH)	Topf Nr.	Beschreibung	Anzahl Blütenrispen mit geöffneten Blüten oder Fruchtsansätzen pro Pflanze	Mittelwert der Anzahl Blütenrispen mit geöffneten Blüten oder Fruchtsansätzen pro Variante	Anzahl Blütenrispen mit geöffneten Blüten oder Fruchtsansätzen pro Pflanze	Mittelwert der Anzahl Blütenrispen mit geöffneten Blüten oder Fruchtsansätzen pro Variante	Anzahl Blütenrispen mit geöffneten Blüten oder Fruchtsansätzen pro Pflanze	Mittelwert der Anzahl Blütenrispen mit geöffneten Blüten oder Fruchtsansätzen pro Variante
Datum / Versuchs- woche (VW)				11.4. / VW 5		24.4. / VW 7		8.5. / VW 9	
Variante 1	WH 1	1	Konv. mit Torf	4	2,04	9	6,24	13	8,64
Variante 1	WH 1	2	Konv. mit Torf	2		8		9	
Variante 1	WH 1	3	Konv. mit Torf	3		6		7	
Variante 1	WH 1	4	Konv. mit Torf	2		6		9	
Variante 1	WH 1	5	Konv. mit Torf	2		7		9	
Variante 2	WH 1	6	Bio-Linie 1	1	1,56	2	2,96	7	6,92
Variante 2	WH 1	7	Bio-Linie 1	0		1		3	
Variante 2	WH 1	8	Bio-Linie 1	2		3		5	
Variante 2	WH 1	9	Bio-Linie 1	2		5		12	
Variante 2	WH 1	10	Bio-Linie 1	2		3		7	
Variante 3	WH 1	11	Konv. ohne Torf	2	2,04	8	7,16	9	9,6
Variante 3	WH 1	12	Konv. ohne Torf	2		8		9	
Variante 3	WH 1	13	Konv. ohne Torf	2		9		9	
Variante 3	WH 1	14	Konv. ohne Torf	3		8		11	
Variante 3	WH 1	15	Konv. ohne Torf	2		7		11	
Variante 4	WH 1	16	Bio-Linie 2	1	0,68	2	1,24	5	4,52
Variante 4	WH 1	17	Bio-Linie 2	1		1		4	
Variante 4	WH 1	18	Bio-Linie 2	1		1		6	
Variante 4	WH 1	19	Bio-Linie 2	1		1		4	
Variante 4	WH 1	20	Bio-Linie 2	1		2		6	
Variante 5	WH 1	21	TEFA	2	1,64	6	5,12	9	9,6
Variante 5	WH 1	22	TEFA	2		6		10	
Variante 5	WH 1	23	TEFA	2		6		10	
Variante 5	WH 1	24	TEFA	2		3		9	
Variante 5	WH 1	25	TEFA	2		4		5	
Variante 6	WH 1	26	Torf + Käferpellets	2	2,24	2	4,28	6	5,96
Variante 6	WH 1	27	Torf + Käferpellets	3		5		7	

Variante 6	WH 1	28	Torf + Käferpellets	3		7		8	
Variante 6	WH 1	29	Torf + Käferpellets	1		4		7	
Variante 6	WH 1	30	Torf + Käferpellets	2		4		5	
Variante 4	WH 2	31	Bio-Linie 2	0		0		2	
Variante 4	WH 2	32	Bio-Linie 2	1		2		7	
Variante 4	WH 2	33	Bio-Linie 2	0		0		2	
Variante 4	WH 2	34	Bio-Linie 2	1		2		5	
Variante 4	WH 2	35	Bio-Linie 2	1		1		5	
Variante 2	WH 2	36	Bio-Linie 1	2		3		9	
Variante 2	WH 2	37	Bio-Linie 1	2		4		8	
Variante 2	WH 2	38	Bio-Linie 1	2		3		7	
Variante 2	WH 2	39	Bio-Linie 1	2		3		8	
Variante 2	WH 2	40	Bio-Linie 1	1		2		8	
Variante 6	WH 2	41	Torf + Käferpellets	2		5		9	
Variante 6	WH 2	42	Torf + Käferpellets	2		5		7	
Variante 6	WH 2	43	Torf + Käferpellets	1		2		3	
Variante 6	WH 2	44	Torf + Käferpellets	3		4		6	
Variante 6	WH 2	45	Torf + Käferpellets	2		5		8	
Variante 5	WH 2	46	TEFA	2		7		8	
Variante 5	WH 2	47	TEFA	2		4		9	
Variante 5	WH 2	48	TEFA	2		6		12	
Variante 5	WH 2	49	TEFA	1		4		10	
Variante 5	WH 2	50	TEFA	1		4		11	
Variante 3	WH 2	51	Konv. ohne Torf	2		8		12	
Variante 3	WH 2	52	Konv. ohne Torf	0		3		5	
Variante 3	WH 2	53	Konv. ohne Torf	1		3		7	
Variante 3	WH 2	54	Konv. ohne Torf	2		8		10	
Variante 3	WH 2	55	Konv. ohne Torf	1		7		9	
Variante 1	WH 2	56	Konv. mit Torf	2		4		8	
Variante 1	WH 2	57	Konv. mit Torf	2		6		7	
Variante 1	WH 2	58	Konv. mit Torf	2		7		11	
Variante 1	WH 2	59	Konv. mit Torf	1		2		4	
Variante 1	WH 2	60	Konv. mit Torf	3		7		8	
Variante 5	WH 3	61	TEFA	1		5		7	
Variante 5	WH 3	62	TEFA	2		4		12	
Variante 5	WH 3	63	TEFA	1		2		5	
Variante 5	WH 3	64	TEFA	2		5		8	
Variante 5	WH 3	65	TEFA	1		5		8	
Variante 2	WH 3	66	Bio-Linie 1	1		3		7	

Variante 2	WH 3	67	Bio-Linie 1	2	3	8
Variante 2	WH 3	68	Bio-Linie 1	2	4	9
Variante 2	WH 3	69	Bio-Linie 1	2	3	6
Variante 2	WH 3	70	Bio-Linie 1	3	6	11
Variante 3	WH 3	71	Konv. ohne Torf	2	7	13
Variante 3	WH 3	72	Konv. ohne Torf	2	6	8
Variante 3	WH 3	73	Konv. ohne Torf	3	10	12
Variante 3	WH 3	74	Konv. ohne Torf	0	2	4
Variante 3	WH 3	75	Konv. ohne Torf	1	3	5
Variante 6	WH 4	76	Torf + Käferpellets	3	5	4
Variante 6	WH 4	77	Torf + Käferpellets	2	4	6
Variante 6	WH 4	78	Torf + Käferpellets	3	6	8
Variante 6	WH 4	79	Torf + Käferpellets	4	6	8
Variante 6	WH 4	80	Torf + Käferpellets	3	5	9
Variante 3	WH 4	81	Konv. ohne Torf	2	7	8
Variante 3	WH 4	82	Konv. ohne Torf	4	13	15
Variante 3	WH 4	83	Konv. ohne Torf	0	2	5
Variante 3	WH 4	84	Konv. ohne Torf	2	7	8
Variante 3	WH 4	85	Konv. ohne Torf	2	10	10
Variante 1	WH 4	86	Konv. mit Torf	2	7	9
Variante 1	WH 4	87	Konv. mit Torf	2	6	8
Variante 1	WH 4	88	Konv. mit Torf	0	2	4
Variante 1	WH 4	89	Konv. mit Torf	2	7	8
Variante 1	WH 4	90	Konv. mit Torf	0	2	5
Variante 5	WH 4	91	TEFA	2	7	9
Variante 5	WH 4	92	TEFA	2	5	12
Variante 5	WH 4	93	TEFA	1	6	13
Variante 5	WH 4	94	TEFA	0	2	4
Variante 5	WH 4	95	TEFA	1	7	11
Variante 2	WH 4	96	Bio-Linie 1	0	2	6
Variante 2	WH 4	97	Bio-Linie 1	2	3	4
Variante 2	WH 4	98	Bio-Linie 1	2	5	7
Variante 2	WH 4	99	Bio-Linie 1	2	3	8
Variante 2	WH 4	100	Bio-Linie 1	2	3	7
Variante 4	WH 4	101	Bio-Linie 2	0	0	6
Variante 4	WH 4	102	Bio-Linie 2	1	1	7
Variante 4	WH 4	103	Bio-Linie 2	1	2	7
Variante 4	WH 4	104	Bio-Linie 2	0	0	5
Variante 4	WH 4	105	Bio-Linie 2	1	1	5

Variante 2	WH 5	106	Bio-Linie 1	0		1		2	
Variante 2	WH 5	107	Bio-Linie 1	2		4		9	
Variante 2	WH 5	108	Bio-Linie 1	1		2		6	
Variante 2	WH 5	109	Bio-Linie 1	0		0		2	
Variante 2	WH 5	110	Bio-Linie 1	2		3		7	
Variante 6	WH 5	111	Torf + Käferpellets	2		4		5	
Variante 6	WH 5	112	Torf + Käferpellets	1		2		3	
Variante 6	WH 5	113	Torf + Käferpellets	2		2		2	
Variante 6	WH 5	114	Torf + Käferpellets	2		2		2	
Variante 6	WH 5	115	Torf + Käferpellets	2		3		6	
Variante 4	WH 5	116	Bio-Linie 2	1		3		6	
Variante 4	WH 5	117	Bio-Linie 2	1		2		5	
Variante 4	WH 5	118	Bio-Linie 2	1		2		6	
Variante 4	WH 5	119	Bio-Linie 2	1		2		4	
Variante 4	WH 5	120	Bio-Linie 2	1		2		5	
Variante 1	WH 5	121	Konv. mit Torf	2		4		11	
Variante 1	WH 5	122	Konv. mit Torf	2		8		9	
Variante 1	WH 5	123	Konv. mit Torf	3		8		14	
Variante 1	WH 5	124	Konv. mit Torf	2		9		13	
Variante 1	WH 5	125	Konv. mit Torf	2		8		10	
Variante 3	WH 5	126	Konv. ohne Torf	4		9		11	
Variante 3	WH 5	127	Konv. ohne Torf	4		9		11	
Variante 3	WH 5	128	Konv. ohne Torf	3		9		14	
Variante 3	WH 5	129	Konv. ohne Torf	2		8		10	
Variante 3	WH 5	130	Konv. ohne Torf	3		8		14	
Variante 5	WH 5	131	TEFA	2		7		15	
Variante 5	WH 5	132	TEFA	2		6		12	
Variante 5	WH 5	133	TEFA	2		6		8	
Variante 5	WH 5	134	TEFA	2		6		10	
Variante 5	WH 5	135	TEFA	2		5		13	
Variante 6	WH 3	136	Torf + Käferpellets	0		2		5	
Variante 6	WH 3	137	Torf + Käferpellets	2		4		4	
Variante 6	WH 3	138	Torf + Käferpellets	2		6		8	
Variante 6	WH 3	139	Torf + Käferpellets	3		5		8	
Variante 6	WH 3	140	Torf + Käferpellets	4		8		5	
Variante 1	WH 3	141	Konv. mit Torf	2		6		7	
Variante 1	WH 3	142	Konv. mit Torf	2		8		9	
Variante 1	WH 3	143	Konv. mit Torf	2		5		7	
Variante 1	WH 3	144	Konv. mit Torf	2		7		8	

Variante 1	WH 3	145	Konv. mit Torf	3		7		9	
Variante 4	WH 3	146	Bio-Linie 2	1		2		4	
Variante 4	WH 3	147	Bio-Linie 2	0		1		3	
Variante 4	WH 3	148	Bio-Linie 2	0		0		1	
Variante 4	WH 3	149	Bio-Linie 2	0		0		1	
Variante 4	WH 3	150	Bio-Linie 2	0		1		2	

Substrat	Wiederholung Nr. (WH)	Topf Nr.	Beschreibung	Anzahl Blüten- rispen mit geöffneten Blüten oder Fruchtansätzen pro Pflanze	Mittelwert der Anzahl Blütenrispen mit geöffneten Blüten oder Frucht- ansätzen pro Varian- te	Anzahl Blüten- rispen mit ge- öffneten Blüten oder Fruchtan- sätzen pro Pflanze	Mittelwert der Anzahl Blütenrispen mit geöffneten Blüten oder Frucht- ansätzen pro Varian- te	Anzahl Blüten- rispen mit geöffneten Blüten oder Fruchtansät- zen pro Pflan- ze	Mittelwert der Anzahl Blütenrispen mit geöffneten Blüten oder Frucht- ansätzen pro Varian- te	STABW der Anzahl Blütenrispen mit geöffneten Blüten oder Fruchtansätzen pro Variante
Datum / Versuchs- woche (VW)				22.5. / VW 11		5.6. / VW 13		19.6. / VW 15		
Variante 1	WH 1	1	Konv. mit Torf	15	10,44	13	13,12	14	14,96	3,74
Variante 1	WH 1	2	Konv. mit Torf	8		8		8		
Variante 1	WH 1	3	Konv. mit Torf	9		11		11		
Variante 1	WH 1	4	Konv. mit Torf	9		9		12		
Variante 1	WH 1	5	Konv. mit Torf	9		12		15		
Variante 2	WH 1	6	Bio-Linie 1	10	11,52	14	14,28	14	16,8	3,98
Variante 2	WH 1	7	Bio-Linie 1	5		12		12		
Variante 2	WH 1	8	Bio-Linie 1	13		13		13		
Variante 2	WH 1	9	Bio-Linie 1	12		12		19		
Variante 2	WH 1	10	Bio-Linie 1	11		17		21		
Variante 3	WH 1	11	Konv. ohne Torf	9	11,24	12	13,44	20	17,92	5,01
Variante 3	WH 1	12	Konv. ohne Torf	9		15		19		
Variante 3	WH 1	13	Konv. ohne Torf	10		13		19		
Variante 3	WH 1	14	Konv. ohne Torf	16		16		21		
Variante 3	WH 1	15	Konv. ohne Torf	19		19		19		
Variante 4	WH 1	16	Bio-Linie 2	12	10,04	12	14,8	13	16,44	5,03
Variante 4	WH 1	17	Bio-Linie 2	10		11		15		
Variante 4	WH 1	18	Bio-Linie 2	11		13		17		
Variante 4	WH 1	19	Bio-Linie 2	10		12		17		
Variante 4	WH 1	20	Bio-Linie 2	13		15		15		
Variante 5	WH 1	21	TEFA	9	12,04	8	12,92	10	13,32	2,53
Variante 5	WH 1	22	TEFA	11		10		11		
Variante 5	WH 1	23	TEFA	13		12		12		

Variante 5	WH 1	24	TEFA	12		9		12		
Variante 5	WH 1	25	TEFA	8		9		9		
Variante 6	WH 1	26	Torf + Käferpellets	10	9,48	14	16,00	16	20,60	4,64
Variante 6	WH 1	27	Torf + Käferpellets	9		17		26		
Variante 6	WH 1	28	Torf + Käferpellets	8		13		18		
Variante 6	WH 1	29	Torf + Käferpellets	11		11		16		
Variante 6	WH 1	30	Torf + Käferpellets	10		20		21		
Variante 4	WH 2	31	Bio-Linie 2	4		6		7		
Variante 4	WH 2	32	Bio-Linie 2	8		14		19		
Variante 4	WH 2	33	Bio-Linie 2	3		9		9		
Variante 4	WH 2	34	Bio-Linie 2	11		12		16		
Variante 4	WH 2	35	Bio-Linie 2	14		20		22		
Variante 2	WH 2	36	Bio-Linie 1	12		11		11		
Variante 2	WH 2	37	Bio-Linie 1	8		10		11		
Variante 2	WH 2	38	Bio-Linie 1	12		14		18		
Variante 2	WH 2	39	Bio-Linie 1	10		15		18		
Variante 2	WH 2	40	Bio-Linie 1	12		14		25		
Variante 6	WH 2	41	Torf + Käferpellets	9		17		17		
Variante 6	WH 2	42	Torf + Käferpellets	14		25		27		
Variante 6	WH 2	43	Torf + Käferpellets	4		7		7		
Variante 6	WH 2	44	Torf + Käferpellets	11		20		28		
Variante 6	WH 2	45	Torf + Käferpellets	13		18		25		
Variante 5	WH 2	46	TEFA	8		11		12		
Variante 5	WH 2	47	TEFA	13		13		13		
Variante 5	WH 2	48	TEFA	12		14		14		
Variante 5	WH 2	49	TEFA	13		14		14		
Variante 5	WH 2	50	TEFA	14		15		15		
Variante 3	WH 2	51	Konv. ohne Torf	13		14		21		
Variante 3	WH 2	52	Konv. ohne Torf	7		10		11		
Variante 3	WH 2	53	Konv. ohne Torf	11		15		15		
Variante 3	WH 2	54	Konv. ohne Torf	11		15		24		
Variante 3	WH 2	55	Konv. ohne Torf	9		11		19		
Variante 1	WH 2	56	Konv. mit Torf	10		13		15		
Variante 1	WH 2	57	Konv. mit Torf	7		14		14		
Variante 1	WH 2	58	Konv. mit Torf	11		12		12		
Variante 1	WH 2	59	Konv. mit Torf	8		9		13		
Variante 1	WH 2	60	Konv. mit Torf	10		13		14		
Variante 5	WH 3	61	TEFA	7		11		11		
Variante 5	WH 3	62	TEFA	14		14		14		

Variante 5	WH 3	63	TEFA	10	12	12	
Variante 5	WH 3	64	TEFA	19	19	17	
Variante 5	WH 3	65	TEFA	12	13	13	
Variante 2	WH 3	66	Bio-Linie 1	12	16	16	
Variante 2	WH 3	67	Bio-Linie 1	15	17	18	
Variante 2	WH 3	68	Bio-Linie 1	12	13	22	
Variante 2	WH 3	69	Bio-Linie 1	13	15	17	
Variante 2	WH 3	70	Bio-Linie 1	14	15	18	
Variante 3	WH 3	71	Konv. ohne Torf	17	20	20	
Variante 3	WH 3	72	Konv. ohne Torf	8	10	11	
Variante 3	WH 3	73	Konv. ohne Torf	12	12	21	
Variante 3	WH 3	74	Konv. ohne Torf	5	7	9	
Variante 3	WH 3	75	Konv. ohne Torf	8	8	8	
Variante 6	WH 4	76	Torf + Käferpellets	6	12	24	
Variante 6	WH 4	77	Torf + Käferpellets	9	12	16	
Variante 6	WH 4	78	Torf + Käferpellets	9	10	19	
Variante 6	WH 4	79	Torf + Käferpellets	9	13	17	
Variante 6	WH 4	80	Torf + Käferpellets	14	17	19	
Variante 3	WH 4	81	Konv. ohne Torf	9	15	27	
Variante 3	WH 4	82	Konv. ohne Torf	16	17	20	
Variante 3	WH 4	83	Konv. ohne Torf	8	13	21	
Variante 3	WH 4	84	Konv. ohne Torf	8	11	11	
Variante 3	WH 4	85	Konv. ohne Torf	10	11	14	
Variante 1	WH 4	86	Konv. mit Torf	11	10	10	
Variante 1	WH 4	87	Konv. mit Torf	8	12	18	
Variante 1	WH 4	88	Konv. mit Torf	5	11	14	
Variante 1	WH 4	89	Konv. mit Torf	11	12	14	
Variante 1	WH 4	90	Konv. mit Torf	8	8	9	
Variante 5	WH 4	91	TEFA	10	13	13	
Variante 5	WH 4	92	TEFA	12	12	12	
Variante 5	WH 4	93	TEFA	15	16	18	
Variante 5	WH 4	94	TEFA	7	8	9	
Variante 5	WH 4	95	TEFA	17	16	16	
Variante 2	WH 4	96	Bio-Linie 1	15	21	22	
Variante 2	WH 4	97	Bio-Linie 1	9	13	17	
Variante 2	WH 4	98	Bio-Linie 1	8	11	15	
Variante 2	WH 4	99	Bio-Linie 1	13	17	21	
Variante 2	WH 4	100	Bio-Linie 1	18	18	18	
Variante 4	WH 4	101	Bio-Linie 2	12	17	19	

Variante 4	WH 4	102	Bio-Linie 2	11	13	13	
Variante 4	WH 4	103	Bio-Linie 2	15	17	17	
Variante 4	WH 4	104	Bio-Linie 2	9	22	22	
Variante 4	WH 4	105	Bio-Linie 2	11	22	23	
Variante 2	WH 5	106	Bio-Linie 1	6	9	13	
Variante 2	WH 5	107	Bio-Linie 1	14	14	14	
Variante 2	WH 5	108	Bio-Linie 1	14	20	20	
Variante 2	WH 5	109	Bio-Linie 1	4	8	9	
Variante 2	WH 5	110	Bio-Linie 1	16	18	18	
Variante 6	WH 5	111	Torf + Käferpellets	6	13	22	
Variante 6	WH 5	112	Torf + Käferpellets	6	23	27	
Variante 6	WH 5	113	Torf + Käferpellets	7	21	21	
Variante 6	WH 5	114	Torf + Käferpellets	3	10	22	
Variante 6	WH 5	115	Torf + Käferpellets	16	21	21	
Variante 4	WH 5	116	Bio-Linie 2	12	16	20	
Variante 4	WH 5	117	Bio-Linie 2	9	18	18	
Variante 4	WH 5	118	Bio-Linie 2	11	18	21	
Variante 4	WH 5	119	Bio-Linie 2	16	18	20	
Variante 4	WH 5	120	Bio-Linie 2	13	19	19	
Variante 1	WH 5	121	Konv. mit Torf	14	13	13	
Variante 1	WH 5	122	Konv. mit Torf	12	16	16	
Variante 1	WH 5	123	Konv. mit Torf	14	16	22	
Variante 1	WH 5	124	Konv. mit Torf	19	17	17	
Variante 1	WH 5	125	Konv. mit Torf	13	19	19	
Variante 3	WH 5	126	Konv. ohne Torf	11	10	19	
Variante 3	WH 5	127	Konv. ohne Torf	11	12	13	
Variante 3	WH 5	128	Konv. ohne Torf	16	17	21	
Variante 3	WH 5	129	Konv. ohne Torf	13	15	21	
Variante 3	WH 5	130	Konv. ohne Torf	15	18	24	
Variante 5	WH 5	131	TEFA	15	15	16	
Variante 5	WH 5	132	TEFA	12	13	14	
Variante 5	WH 5	133	TEFA	8	12	12	
Variante 5	WH 5	134	TEFA	14	18	18	
Variante 5	WH 5	135	TEFA	16	16	16	
Variante 6	WH 3	136	Torf + Käferpellets	14	20	21	
Variante 6	WH 3	137	Torf + Käferpellets	6	16	25	
Variante 6	WH 3	138	Torf + Käferpellets	14	20	22	
Variante 6	WH 3	139	Torf + Käferpellets	14	15	18	
Variante 6	WH 3	140	Torf + Käferpellets	5	15	20	

Variante 1	WH 3	141	Konv. mit Torf	8		15		20		
Variante 1	WH 3	142	Konv. mit Torf	14		19		21		
Variante 1	WH 3	143	Konv. mit Torf	8		15		16		
Variante 1	WH 3	144	Konv. mit Torf	11		18		21		
Variante 1	WH 3	145	Konv. mit Torf	9		13		16		
Variante 4	WH 3	146	Bio-Linie 2	16		23		23		
Variante 4	WH 3	147	Bio-Linie 2	8		20		21		
Variante 4	WH 3	148	Bio-Linie 2	5		8		9		
Variante 4	WH 3	149	Bio-Linie 2	3		7		8		
Variante 4	WH 3	150	Bio-Linie 2	4		8		8		

Anhang 7: Aufgabenstellung

Bachelorarbeit		
Studienjahrgang		UI15
Titel		Kulturversuche mit Torfersatzprodukten in der Bio-Pflanzenproduktion
Forschungsgruppe		Biologische Landwirtschaft & Hortikultur
Namen	StudentIn	Tim Ortner +41 (0) 77 415 50 22 ortnetim@students.zhaw.ch
	KorrektorIn 1	Guido Kunz +41 (0) 58 932 59 20 guido.kunz@zhaw.ch
	KorrektorIn 2	Alex Mathis +41 (0) 58 934 59 16 alex.mathis@zhaw.ch
Aufgabenstellung		<p>Ausgangslage:</p> <p>In der Zierpflanzen - und Gemüseproduktion ist Torf eine sehr wichtige Substratkomponente. Torf gilt aber als problematisch und der Abbau ist in der Schweiz gar seit 1987 verboten. Er sollte deshalb durch umweltfreundlichere Komponenten ersetzt werden. Gerade in der biologischen Landwirtschaft wäre eine torffreie Produktion wünschenswert. Die aktuellen Ersatzstoffe bereiten jedoch große Probleme bezüglich Düngung, Nährstoffversorgung und Qualität.</p> <p>Im Lehr- und Forschungsbetrieb der ZHAW wird im Rahmen der Bachelorarbeit im Frühjahr 2019 ein Pflanzversuch an Topftomaten mit total sechs verschiedenen Substratmischungen durchgeführt. Drei torffreie Substrate werden mit einem torfhaltigen Standardsubstrat verglichen. Diese Substrate werden von der Firma RICOTER zur Verfügung gestellt. Zusätzlich wird eines dieser Substrate mit einem Anteil an Käferpellets von der ZHAW ergänzt. Die Käferpellets sind Kotpillen, welche als Abfallstoff bei der Produktion von Käferlarven für die Eiweissproduktion anfallen. Als weitere Variante wird ein Substrat mit Tefa verwendet. Tefa ist ein Torfersatzstoff aus Maisstängeln.</p> <p>Während dem Versuch werden an verschiedenen Zeitpunkten Substratanalysen auf NO₃, pH und EC durchgeführt. Zusätzlich werden an der Kultur Messungen zur Pflanzenhöhe, Blütenansatz, Chlorophyllanteil sowie Mangelsymptome der Kultur erhoben. Am Ende der Kulturzeit wird die Sprossmasse, der Nitratanteil im Pflanzensaft, sowie das Wurzelbild (und. ev. -Masse) erfasst.</p>

	<p>Die Substratmischungen werden vor dem geplanten Versuch im Labor auf ihre Nährstoffgehalte untersucht und falls vorhanden mit den Angaben vom Hersteller verglichen. Während der Kulturzeit werden die Substrate regelmässig auf NO₃, (NO₂), pH und EC untersucht.</p> <p>Forschungsfragen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Welchen Einfluss haben die Torfersatzsubstrate auf Pflanzenhöhe, Chlorophyllanteil, Sprossmasse und Blüten- bzw. Fruchtbild? Je nach vorhandener Zeit wird zudem der Einfluss auf den Nitratanteil im Pflanzensaft und das Wurzelbild untersucht. - Wie verändern sich NO₃-Gehalt, pH und EC in den verschiedenen Substraten während der Kulturzeit? - Welche Substrate eignen sich im bearbeiteten Versuch am besten für eine Produktion von Topftomaten?
	<p>Zielsetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aus Literatur und Konsultation von Fachpersonen wird der aktuelle Kenntnisstand zum genannten Thema erfasst werden. - Mit sechs verschiedenen Substratvarianten wird an Topftomaten ein Pflanzversuch durchgeführt. Die Substrate werden vor, während und am Ende der Kulturzeit auf NO₃, pH und EC untersucht. An der Kultur werden Kulturhöhe, Sprossmasse, Chlorophyllanteil, Nitratanteil im Pflanzensaft sowie das Wurzelbild untersucht. - Mit den erarbeiteten Ergebnissen soll eine Anwendungsempfehlung für die gewählten Substratvarianten für eine torffreie Pflanzenproduktion bei Topftomaten in der biologischen Hortikultur getroffen werden.
	<p>Zusätzliche Auftragsmodalitäten:</p> <p><u>Erwartete Resultate</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Bachelorarbeit gemäss Weisung ZHAW - Präsentation und Verteidigung - Poster <p><u>Provisorisches Inhaltsverzeichnis</u></p> <p>Abstract</p> <p>Inhaltsverzeichnis</p>

1	Einleitung
2	Theorie <ol style="list-style-type: none"> 1. Torf in der heutigen Pflanzenproduktion 2. Problematik von Torf 3. Ansätze für eine torffreie Pflanzenproduktion 4. Herstellungsmöglichkeiten von Torfersatzprodukten
3	Material und Methoden <ol style="list-style-type: none"> 1. Verwendete Substrate 2. Wahl der Versuchskultur 3. Versuchsanordnung 4. Substratanalysen <ol style="list-style-type: none"> 1. NO₃ 2. NO₂ 3. pH 4. EC 5. Messungen an der Kultur <ol style="list-style-type: none"> 1. Pflanzenhöhe 2. Blütenansatz 3. Chlorophyllanteil 4. Mangelsymptome 5. Sprossmasse 6. (Nitratanteil im Pflanzensaft) 7. Wurzelbild
4	Resultate <ol style="list-style-type: none"> 1. Substratanalysen 2. Messungen an der Kultur
5	Diskussion <ol style="list-style-type: none"> 1. Substratanalysen 2. Messungen an der Kultur
6	Schlussfolgerung
7	Literaturverzeichnis
	Abbildungsverzeichnis
	Tabellenverzeichnis
	Anhang
	Poster

<p>Formale Anforderungen</p>	
<p>Zeitplan</p>	<p>Die Weisungen zur Arbeit müssen gelesen und erfüllt werden. http://www.lsfm.zhaw.ch/science/studium/info/bachelorstudium/wichtige-dokumente.html</p>
<p>Arbeitsort</p>	<p><i>Siehe Anhang</i></p> <p>Abgabedatum: 08.08.2019</p>
	<p>ZHAW Wädenswil</p> <ul style="list-style-type: none"> - ZHAW Wädenswil - Forschungsanstalt
	<p>Plagiate verstossen gegen die Urheberrechte, eine Verletzung dieser Rechte wird gemäss der Studien- und Prüfungsordnung für die Bachelorstudiengänge der Hochschule Wädenswil vom 01.09.2006 in § 38, 39 geregelt. Diese Studien- und Prüfungsordnung gilt für alle Bachelorstudienjahrgänge bis und mit Studienstart 2009.</p> <p>Für Bachelorstudienjahrgänge mit Studienbeginn ab 2010 und die Masterstudiengänge mit Studienbeginn ab 2009 gilt § 39 der Rahmenprüfungsordnung für Bachelor- und Masterstudiengänge an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften vom 29.01.2008.</p>

Tim Ortner

[illegible]

Anhang 8: Plagiatserklärung

Mit der Abgabe dieser Bachelorarbeit versichert der Studierende, dass er die Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst hat.

Der unterzeichnende Studierende erklärt, dass alle verwendeten Quellen einschliesslich Internet-Seiten im Text und Anhang korrekt ausgewiesen sind und dass die vorliegende Arbeit keine Plagiate enthält, also keine Teile, die teilweise oder vollständig aus einem fremden Text oder einer fremden Arbeit unter Vorgabe der eigenen Urheberschaft bzw. ohne Quellenangabe übernommen worden sind.

Bei Verfehlungen aller Art treten Paragraph 39 und Paragraph 40 der Rahmenprüfungsordnung für die Bachelor- und Masterstudiengänge der Hochschule Wädenswil vom 29. Januar 2008 sowie die Bestimmungen der Disziplinarmassnahmen der Hochschulordnung in Kraft.

Ort, Datum:

Rüti, 7. August 2019

Unterschrift:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'T. Müller', is written over the 'Unterschrift:' label.